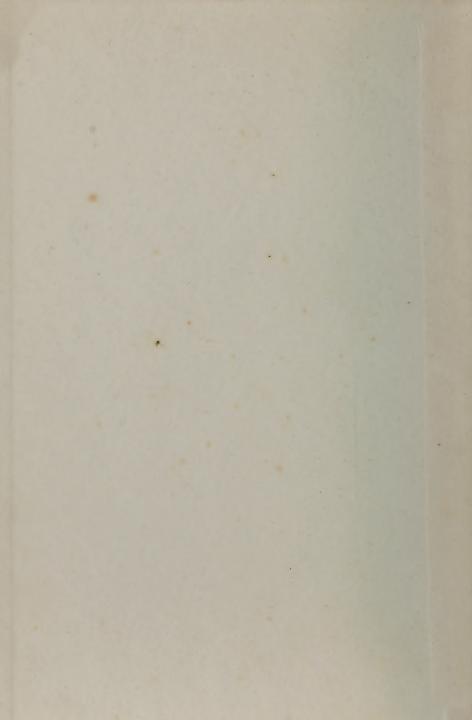
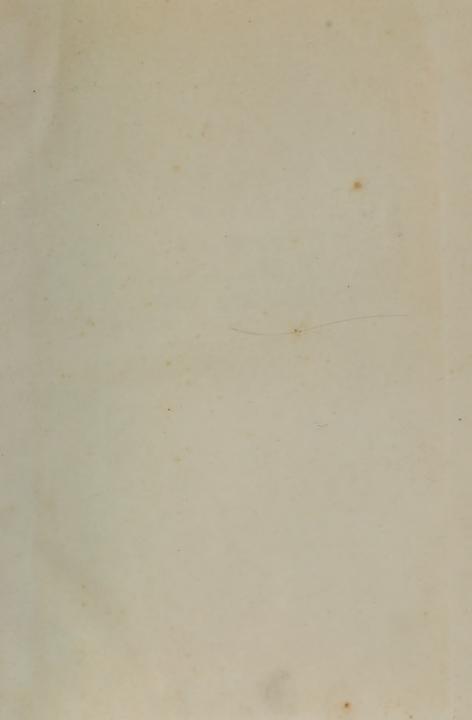
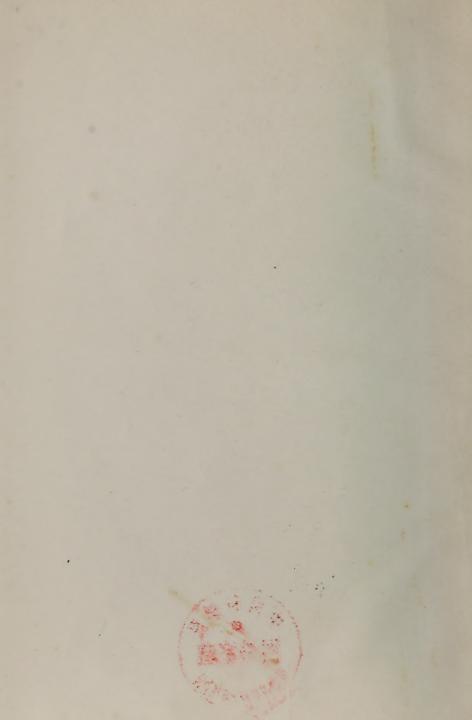
野外地植物学

第一卷









野外地植物学第一卷

E. M. 拉甫連柯等著 陈昌篤 李 恒 郭秀珍 譯 陈昌篤 周佩珍 校

斜学出版社



中科院植物所图书馆

Полевая геоботаника

(I)

Под общей редакцией

Е. М. Лавренко и А. А. Корчагина

Изд. АН СССР. 1959

內容簡介

《野外地植物学》是一套完整的关于地植物学野外研究方法的书。它詳 細地介紹了野外路綫調查和定位研究的各种現代方法,叙述了研究植被所 必需的一些基本理論知識以及植被研究的今后方向。

本书共分四卷出版,第一卷評述植物群落的基本規律及其研究途径,介 紹自然条件、群落中植物个体的生理过程以及低等植物的野外研究方法。

本书可供地植物学、植物生态学、自然地理学、土壤学、气候学、农 学、林学、畜牧学等工作者参考, 并可做綜合大学、师范学院、农林院校 有关专业的教学参考书。

野外地植物学

第一卷

E. M. 拉甫連柯等著陈 昌 篇 等 譯

斜学出版社出版

北京朝阳門內大街 117 号 北京市书刊出版业营业许可证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

平装, 1-1,070 字数, 438,000

统一书号: 13031 · 2190 本肚书号: 3333 · 13-8

定价: [科六]精装本 3.00 元 平装本 2.50 元

A 然源的期間報源 从以中 序 《 》 言 《 言 《 》 的 《 图 》

为了在地植物学現代发展的水平上深入研究植被,植被的野外研究应該用最新的方法,采用最新的仪器和設备,按統一的方法进行。

在完成这項任务时,本方法指南对地植物学家的野外研究工 作将有所帮助。

世界上許多国家都在結合农业和林业的需要, 并为了解决一系列理論問題而进行着植被的研究, 但在苏联, 这种工作开展得特别广泛。

苏联的地植物学是以 В. В. 道庫恰耶夫 (Докучаев)、А. Н. 克拉斯諾夫(Краснов)、С. И. 科尔仁斯基(Коржинский)等人的工作为基础而产生的,按着自己的道路发展,代表着特殊的、独立的方向,在許多方面它不同于其它地植物学派(英美学派,法瑞学派,烏普沙拉学派)。同时,苏联学者們也考虑到外国地植物学[植物社会学(Pflanzensoziologie)]的最重要的成就,并以此丰富了地植物学的理論和地植物学的野外研究方法。植被的极大多样性和科学所面临的任务,以及理論观点方面的差异,决定了在世界实践中存在着大量的野外地植物学研究方法。

到最近为止,植物群落的組成和結构,也就是形态学,以及它 們的动态的研究,得到了最大的注意。

苏联許多地植物学家在研究植被的时候还研究环境——植物群落发育所处的自然条件,他們經常記住: 群落的生活、演替和結构与环境处于不可分离的相互联系之中。

由于 B. H. 苏卡乔夫(CykaueB)制定了关于生物地理 群落的 学說,使得认識环境具有特別重要的意义。按照苏卡乔夫,植物群 落只不过是更大的自然单位——生物地理群落的部分之一,生物地理群落包括着处于最密切相互作用的植物群落、定居在植物群落中的动物、近地面层大气以及土壤-土质。

大多数研究者在研究植物群落的組成和結构时, 并不去揭露由于群落本身的生命活动而在群落本身中以及群落周围的环境中发生的那些过程。实际上, 对这些問題应該給予很大的注意, 因为, 正如 B. H. 苏卡乔夫所指出的, 每一种植物群落类型(群丛)都有它特有的物质和能量交换类型。

只有在研究了下列問題的条件下,才有可能解决植物群落因果分析这个非常复杂的任务: 1) 群落結构(特別是指 做为 群落結构基本要素的种群和层片)的动态,也就是它們的 季节 和年际变化;2)进入被研究群落中的种在植物群落环境中的生态-生物学特性;3) 植物群落中生理上起作用的环境状况的季节和 年际 动态。所有这些研究只有在定位的条件下才能全部实现。

还应該注意地植物学研究的一个方面。

近年来的許多著作都表明了土壤微生物(細菌,真菌,藻类)在 植物群落生活中的巨大生物化学作用;因此,在深入的地植物学研 究中,对于这些有机体类群,应該給予比直到現在为止所給予的更 多的注意。

因此,按照地植物学理論的現状,在研究植被时,必須組織各种各样的和复杂的野外研究。所有这些研究单靠一个地植物学家进行是不可能的;需要組織綜合的研究,并且吸收許多其他专家参加。

在目前还沒有一个完善的方法指南,以上述那种 規模叙述了 植被的路綫和定位研究的各种野外方法, 幷且滿足地植物学理論 現状的需要。

在二十世紀初期已經开始出現了一些关于研究植被的方法論参考书。其中第一本要算是 1905 年在美国出版的克勒門茨(Glements)的书。以后不久,在 1908年,俄国出版了 А. Ф. 弗列罗夫 (Флеров)和 Б. А. 費德欽科(Федченко)合写的植物調查須知,叙

述了研究植物群落的方法。这一著作是我国¹⁾ 出版的第一本野外地植物研究的方法手册。 很快也出現了其它 簡要的 方法 手册。 B. H. 苏卡乔夫 和許多植物学家 編写的 《植物-地理学研究綱要》 (1909), B. H. 苏卡乔夫、H. A. 布施 (Буш)、Б. A. 凱勒 尔 (Келлер)、В. М. 薩維奇(Савич)和 Р. Р. 波列(Поле)編写的并由自由經济协会出版的《植物地理学研究初步綱要》(1909)。

对于地植物学进一步发展和植被野外研究方法的統一有很大意义的是方法手册——两卷的《植物地理学研究綱要》(1910)的出版,此书系受自由經济协会土壤委員会所属的植物地理学小組的委托,由当时許多大植物学家編写而成。这一綱要有很大的意义,并且到今天还沒有失去它的价值。

В. В. 阿略兴 (Алехин)、В. С. 多克图罗夫斯基 (Доктуровский)、А. Е. 查多夫斯基 (Жадовский) 和 А. П. 伊里因斯基 (Ильинский)的論文集(1925)对地植物学理論的制定和植物群落 研究方法的深入起了极其重要的作用。这本书叙述了欧洲地植物学派的基本原理和概念以及野外研究的 若干 方法。 还应該 指出 В. Н. 苏卡乔夫(Сукачев, 1919,1927—1931)、А. А. 格罗斯盖姆 (Гроссгейм, 1931)、В. В. 阿略兴等(Алехин и др. 1933; Алехин, 1938)、Л. Г. 拉緬斯基(Раменский, 1937,1938)編写的一系列其它方法手册。

苏联科学院植物研究所地植物学組集体編写的方法手册——«地植物学研究網要»(1932)和«野外地植物学研究方法»(1938)的 出版是植被野外研究方法的一个重要发展阶段。在本书中根据苏联地植物学家所积累的大量工作經驗,按植被类型叙述了野外地植物学研究的方法。最后,一些地植物学家[В. Н. 苏卡乔夫, Е. М. 拉甫連柯和 И. В. 拉林(Ларин)主編]編写的«地植物学研究簡明指南»(1952)是最近的一本方法手册,它是为了防护林营造和飼料获得問題研究植被而写的。

¹⁾ 指苏联,以后在本书中使用"我国"或"我們"的地方,根据上下文語气凡是能改譯成"苏联"的,一概改譯成"苏联"。——譯者注

不久以前出版的 B. H. 苏卡乔夫(1957)的著作¹⁾具有非常重要的意义,在这个著作中引述了关于植物群落实质的若干理論原理,以及关于植物群落研究的今后任务。

还有大量的討論个別植被类型(草甸,沼泽,森林,草原,冻原等)的研究方法的专門性方法論著作和手册,在这里就不一一列举了。

应該提到国外出版的关于研究植被的最重要的方法手册。留 貝尔、什略脫、布罗克曼-耶罗什 (Rübel, Schröter, Brockmann-Jerosch, 1916)、留貝尔(Rübel, 1922)、坦斯黎 (Tansley, 1923, 1946)、克納普(Knapp, 1948)、斯卡莫尼 (Scamonii, 1955)以及若 干其它的著作可以列入这类。

加姆斯(Gams, 1918)的著作有特別的意义,在他的著作中分析了一系列有关植物群落研究的重要原則問題。 在裘利耶(Du-Rietz, 1930)的著作中詳細地叙述了烏普沙拉地植物学派研究植被的特殊的統計-分析法。布瑙-布朗喀(Braun-Blanquet, 1928, 1951)的著名的植物社会学指南論述了法国-瑞士学派研究植被的各种方法。在美国和英国采用的研究制草場和放牧場植被的方法在布朗(Brown, 1954)的著作中有詳細的介紹,該书現已譯成俄交(Brown, 1957)。

一些捷克科学家所編写的指南 —— «Praktikum fytocenolo-gie» (1954) 也是一本很重要的方法論参考书; 在其中詳細地叙述了研究植物群落及其生长环境的方法。

苏联科学院 B. J. 科馬罗夫植物研究所出版的 «野外地植物学»是最完全的方法指南,在本书中: 1)叙述了在研究植被时所必须知道的地植学基本理論問題; 2)介紹了植被野外路綫調查和定

¹⁾ 指 В. Н. 苏卡乔夫等的《林型研究方法》(Методические указания к изучению типов леса) (1957年苏联科学院出版社出版)。此书于 1961年出版修正和补充过的第二版,我国林业出版社在 1958年出版了第一版的譯本(华国昌譯)。——校者注

位研究的大量現代方法,并引述了对这些方法的批判性評价;3)指 出了制訂野外路綫調查和定位研究方法的今后方向和旨在探討地 植物学理論及其实际应用的植被研究的今后任务。

《野外地植物学》将分四卷出版。

第一卷評述植物群落的基本規律和研究它們的途径,以及自然条件(气候、地形、水文、土壤)的研究方法,組成群落的各个植物体中所发生的生理过程(蒸騰作用、光合作用、呼吸作用、矿质营养)和植物群落的低等成分(細菌、真菌、藻类)的研究方法。

第二卷将描述形成植物群落的植物的生物学的研究方法:有 性繁殖(开花和授粉,結实,种子和果实的传播)、营养繁殖和增长、 植物的物候和植物年龄的測定。

第三卷将介紹研究植物群落的方法: 群落地上部分和地下部分的全面研究,群落物候学,群落生物学生产率和經济生产率的計算,种群年龄組成的确定,植物群落和环境之間的物质交换的研究,群落演替、植被复合性的研究。在本卷中还将討論地植物学測量和大中比例尺地植物图的編制方法。

第四卷将評述植被的各个类型和組(冻原,森林,沼泽,草甸,草原,荒漠,水生植被,人工群落)的研究方法以及山地工作的若干特点。

《野外地植物学》主要是由苏联科学院植物研究所地植物学組研究員集体准备的,但本所其他組和苏联科学院系統的許多机构以及高等学校的工作人員参加了个別章节的編写。

本书各卷計划在1959-1962年出版。

A. A. 科尔恰金和 E. M. 拉甫連柯 (李 恒譯, 陈昌篤校)

关于植被野外研究的一般方法論参考书

- Алехин В. В. 1938. Методика полевого изучения растительности и флоры. 2-е изд. Наркомпрос, М.
- Алехин В. В., Е. М. Брадис, Е. И. Филиппович, А. П. Шиманюк, К. Ф. Яковлев. 1933. Методика краевого изучения растительности. Под ред. В. В. Алехина. Изд. «Советская Азия», М.
- Алехин В. В., В. С. Доктуровский, А. Е. Жадовский, А. П. Ильинский. 1925. Методика геоботанических исследований. Изд. «Пучина», М.—Л.
- Алехин В. В. и Д. П. Сырейщиков. 1926. Методика полевых ботанических исследований. Изд. Гос. Тимирязевск. н.-исслед. инст., сер. X. Библиотека краеведа, вып. 1. Вологда.
- Гроссгейм А. А. 1931. Программа и методика работ на геоботанических и стационарных пунктах. Тр. по геоботан, обслед, пастбищ ССР Азербайджана. Сер. С. Работы стационарных пунктов, вып. 5.
- Краткое руководство для геоботанических исследований в связи с полезащитным лесоразведением и созданием устойчивой кормовой базы на юге Европейской части СССР. Под ред. В. Н. Сукачева, Е. М. Лавренко и И. В. Ларина. 1952. Изд. АН СССР, М.
- Методика полевых геоботанических исследований. 1938. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Предварительные программы для ботанико-географических исследований, изданные Ботанико-географической подкомиссией при Почвенной комиссии Вольного экономического общества. Составлены В. Н. Сукачевым, Б. А. Келлером, Н. А. Бушем, В. М. Савичем, Р. Р. Поле. 1909. СПб.
- Программа почвенно-ботанического обследования болот и лугов. Материалы по организации и культуре кормовой площади, вып. 3. 1913. Изд. Департ, земледелия, СПб.
- Программа для ботанико-географических исследований. Леса, луга и болота. Составлены В. Н. Сукачевым при участии Б. А. Арапова, М. Ф. Короткого, С. М. Филатова и М. М. Юрьева. 1909. Изд. Псковск. губ. земства.
- Программы для ботанико-географических исследований, вып. 1, 2. 1910. Изданы Ботанико-географической подкомиссией при Почвенной комиссии Вольного экономического общества. Бесплатное приложение к «Лесному журналу» за 1910 г. СПб.
- Программы для геоботанических исследований. Составлены коллективом геоботаников под редакцией Б. А. Келлера и В. Н. Сукачева. 1932. Изд. АН СССР, Л.

- Раменский Л. Г. 1937. Учет и описание растительности (на основе проективного метода). Изд. Всесоюзн. акад. с.-х. наук, М.
- Раменский Л. Г. 1938. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. Сельхозгиз, М.—Л.
- Сочава В. Б. 1950. Изучение флоры и растительности. Справочник путешественника и географа, т. II. гл. XXV. Географгиз, М.
- Сукачев В. Н. 1919. Общие задачи, программа и организация изучения растительных сообществ в долине реки Чу. Растительность долины реки Чу. Часть І. Материалы к проекту орошения долины реки Чу в Семиреченской области, вып. VII. Пгр.
- Сукачев В. Н. 1927. Краткое руководство к исследованию типов лесов. Изд. «Новая деревня», М.; изд. 2-е, 1930, Сельхозгиз, М.—Л.; изд. 3-е, 1931, Сельхозгиз, М.—Л. (Изд. 2-е и 3-е: Руководство к исследованию типов леса).
- Сукачев В. Н. 1950. Стационарное изучение растительности. Предварительные программы стационарных комплексных биогеоценотических исследований. Землеведение. Сб. Моск. общ. испыт. природы, Нов. серия, т. III (XLIII). М.
- Сукачев В. Н., С. В. Зонн, Т. П. Мотовилов. 1957. Методические указания к изучению типов леса. Изд. АН СССР, М.
- Флеров А. Ф. и Б. А. Федченко. 1908. Инструкция для ботанических исследований. СПб.
- Braun-Blanquet J. 1928, 1951. Pflanzensoziologie. Auf. 1 (1928), Auf. 2 (1951), Wien.
- Brown D. 1954. Methods of surveying and measuring vegetation. Commonvealth Bureau of Pastur. a. Field Crops, Bull. 42.
- (Brown D.) Браун Д. 1957. Методы исследования и учета растительности. Перевод с англ. Изд. иностр. лит., М.
- Clements Fr. 1905. Research methods in ecology. Lincoln.
- Du Rietz G. E. 1921. Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzensoziologie. Upsala.
- Du Rietz G. E. 1930. Vegetationsforschung auf soziations-analytischer Grundlage. Handb. d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. XI, Teil 5, H. 2. Berlin.
- Gams H. 1918. Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Bd. LXIII.
- Kästner M. 1919 Wie untersuche ich einen Pflanzenverein? Biol. Arbeit., H. 7. Leipzig.
- Knapp R. 1948. Arbeitsmethoden der Pflanzensoziologie und Eigenschaften der Pflanzengesellschaften. Einführung in die Pflanzensoziologie, H. 1. Stuttgart.
- Markgraf Fr. 1926. Praktikum der Vegetationskunde, Biologische

Studienbücher. Berlin.

McLean R. C. and I. Cook. 1946. Practical field ecology. London. Praktikum fytocenologie, ecologie, klimatologie a půdoznalstvi. Redigovali: J. Klika, V. Novák, A. Gregor, 1954. Praha.

Rübel E. 1922. Geobotanische Untersuchungsmethoden. Berlin.

Rübel E., C. Schröter, H. Brockmann-Jerosch. 1916. Programme für geobotanische Arbeiten. Beitr. geobot. Landesaufnahme, Bd. 2. Zürich.

Scamoni A. 1955. Einführung in die praktische Vegetationskunde. Berlin.

Tansley A. G. 1923. Practical plant ecology. London.

Tansley A. G. 1946. Introduction to plant ecology. A guide for beginners in the study of plant communities. London.

目 录

序言A. A. 科尔恰金和 E. M. 拉甫連柯
社业署社社计划体工计市次公师
植物羣落的基本規律及其研究途徑
植物群落的基本規律及其研究途径E. M. 拉甫連柯
生物圈、植物地圈和生物地理群落 1
植物群落和群落中植物間的相互关系 5
植物群落的結构
植物群落生态学
植物群落的演替 53
植物群落的分类和地理学問題 65
为了国民經济的需要而研究植被 ······· 75
参考文献 78
植物羣落自然条件的研究
地植物学研究时的地貌观察 H. H. 索科洛夫
引言
关于进行野外地貌观察的一般說明 87
低地和高地侵蝕地形的研究 … 96
低地和高地冰川地形的研究 · · · · · · · 102
山地地形的研究 ······106
地貌研究的基本任务 ······110
参考文献111
地植物学研究时的小气候及其研究方法
基本原理和概念 ······115
在不同地形条件中的小气候118

切割地形象	作中的小气候	*****************	119
不同植被类型的	的小气候	••••••	123
草本植被(草甸、草原)的小气修	È	124
沼泽的小鱼	〔候	•••••	126
森林的小气	〔候	•••••	128
农田的小草	〔候	•••••	132
水体对小气候的		•••••	135
湖泊和大型	型水庫滨岸的小气候	•••••	135
植物丛生的	的浅水湖上层水温和	水上气温的特性…	136
河漫滩小与	〔候	•••••	137
灌溉地区的小与	〔候	•••••	137
小气候研究方法	<u> </u>	•••••	139
基本知識・	•••••		139
小气候研究	克的組織	•••••••	140
,观測的組織	<u> </u>	••••••	142
覌測时間·	•••••	•••••	143
野外小气值	奏观測的持續时間…	••••••	144
用于小气值	奏 覌測的仪器 ·······		144
	麦备		
	点(哨)的装备		
观測的記录	录和整理	••••••	154
参考文献			159
地植物学研究时间	的基本水文勘查·		
*************	И. Н	H. 貝德曼和 P. A	. 費連柯
关于地表水和均	也下水的一般知識以	及这些水与植被的	
河流			167
河漫滩…			169
	•••••		
	和潜水		
潜水自	的地带性		188

通气带的水192
灌漑 ······202
地植物学研究时的水文研究方法 ······204
路綫調查205
河流的記載以及水体和水道的研究205
潜水的研究 ·······207
水文图和水指示图的編制 ······209
定位研究212
河流状况的研究213
沼泽状况的研究218
潜水状况的研究 ······219
土壤水分状况的研究 ······226
地方水分平衡的确定233
参考文献237
論土壤形成因素和土壤过程 A. A. 查瓦里申
引言247
土壤形成因素248
主要土壤过程和土壤剖面 ·······263
参考文献
地植物学研究时的野外土壤研究方法T. A. 罗日諾娃
引言273
野外工作的准备 ······273
野外土壤調查的任务和若干方法277
土壤形态剖面的研究 ·······281
土壤图的編制和野外資料的整理 · · · · · · · 285
参考文献290
植物羣落成分的生态-生理学研究
陆生植物光合作用研究方法概述 O. B. 查連斯基
引言
关于植物同化作用的指标 ······298
光合作用强度294

光合作用对外界环境因素的关系	
光合作用的潜在强度	
光合作用的动态	303
光合作用产物的质的組成和同化物的流出	303
作为植物生产率因素的光合作用	304
关于光合作用研究方法的分类 ······	305
根据吸收二氧化碳的溶液的滴定度变化測定光合作用	308
根据測量指示溶液的 pH 值以測定光合作用	322
根据碱性吸收溶液导电性的測量測定光合作用	334
用紅外綫吸收自动記录器(URAS)測定光合作用	344
根据放射性碳的吸收情况測定光合作用	346
根据有机物质重量的增加測定光合作用	358
結論	
参考文献	363
陆生植物呼吸作用的生态学研究方法概述和基本原則	
O. A. 謝米哈托娃	
引言	374
呼吸作用測定方法簡述和分类	375
在生态学研究中說明呼吸作用特征的指标	386
选择測定呼吸作用的方法的基本原則	389
結論	392
参考文献	393
自然生长条件下植物蒸騰的研究B. M. 斯維什尼柯娃	
蒸腾研究的任务 ·····	
决定蒸騰变化的因素 ·····	399
蒸騰指标	402
測定蒸騰强度的方法 ************************************	
測定植物蒸騰的定量方法 ·····	
植物剪下部分蒸騰的測定方法	
測定整株植物水分支出的方法	
測定植被水分消耗的方法	
測定植物蒸騰的定性方法	
关于蒸騰值的計算	412

在自然条件下研究植物蒸腾时进行試驗的順序414
参考文献416
植物土壤营养的研究方法····································
引言
植物材料的分析
营养法
根据营养溶液浓度的改变計算物质的吸收情况 ······430
示踪原子法的应用 ·······436
参考文献
在研究植被时的植物区系研究
地植物学研究时的植物区系研究
地植物学研究时的植物医学研究442
参考文献
植物羣落低等成分的研究
作为植物群落成分的大型真菌的研究Л. Н. 瓦西里耶娃
植物群落中的真菌461
群落中真菌的定位研究方法 ·······465
群落中真菌和真菌层片的路綫調查方法473
参考文献474
植物群落中藻类的研究 方法
引言
藻类的采集方法········ 478
藻类标本的整理和研究方法 ···········484
研究质的組成484
数量統計
参考文献
土壤微植物区系的研究方法T. B. 阿里斯托夫斯卡婭
引言492
微生物工作的技术特占

植物群落的基本規律及其研究途徑

植物群落的基本規律及其研究途径*+

Е. М. 拉甫連柯(Лавренко)

(苏联科学院植物研究所地植物学組)

生物圈、植物地圈和生物地理群落

生物圈 七十多年以前著名的地质学 家 Э. 苏 斯 (Suess, 1875)建立了关于生命圈的概念, 并把相应的术語——"生 物 圈" (биосфера)引进到科学文献中。

在 В. И.維尔納茨基(Вернадский, 1926 а,1934, 1942) 的討論生物圈, 也就是生活物质及其生命活动产物所集中的圈的卓越著作发表以后, 生物圈就必須按該学者給它所規定 的 范围来理解。維尔納茨基(1934)給生物圈这样的定义: "在生物 圈 中可以区分出若干个地圈: 它由三个地圈的总合組成: 对流层(气态地圈下层),水圈和风化壳(固态地圈上层)。生物圈是 地壳的一部分"。如果注意一下維尔納茨基关于地球地圈問題的最后的意見,注意一下他的 1942 年的著作,那么作为地壳的生物圈对于地壳的

^{*} 在本文中作者給自己提出的任务是以压縮的形式說明植物群落所特有的基本規律以及研究这些規律的途径。关于植物群落的比較詳細的报导可参閱 B. H. 苏卡乔夫(1928)、M. 布瑙-布朗喀(1951)和B. A. 貝科夫(1957)的著作。作者非常威謝會对本文提出意見的 B. H. 苏卡乔夫、A. A. 科尔恰金、B. M. 波尼亚多夫斯卡娅、B. M. 斯維什尼科娃和 A. A. 尤納托夫。

[†] 本文會由李博、楊澄、刘钟龄根据作者打印稿譯成中文,并于1959年由科学出版社 以专冊出版。为求本书完整起見,現在进行重譯,重譯时曾参考了李等譯文,特于 此致謝。——譯者注

比較詳細的划分(各种地圈)¹⁾的关系将是这样: 生物圈包括平流层的下层、整个对流层以及沉积岩圈(也就是岩石圈的"成层"部分,基本上由沉积岩組成,常常在这种或那种程度上也有变质岩参加)和水圈。在地面以上生物圈达到大致23公里的高度,而在地面以下延伸到12公里的深处。

植物地圈 B. И. 維尔納茨基曾經指出: 在生物圈中进行着生命、大气圈、水圈和岩石圈(风化壳)的相互渗透。生物圈中的生命最强烈地影响所有这些地圈。他也指出过,在生物圈(广义的)中存在生命的主要集中层,他以不同的名称: "生命层"、"活质层"、"生命集中区"、"生命膜"等等称呼这一层。因此,在广义的(按維尔納茨基的理解)生物圈以外,还必须区分出特殊的生命主要集中的地圈。这一地圈我們建議称为植物地圈(фитогеосфера)(Лавренко,1949),因为植物在这一地圈內能的积聚中起着主要的作用。

植物地圈不仅被理解为活质(植物和动物)的总体,而且也包括充满有机体的那个环境(固体的、液体的、气体的)²⁾。在陆地上,植物地圈的范围除了包括生物群落以外,还包括植物能达到的和高出植物以上几十米(达10—30米)的对流层下层以及連同底土的土壤——植物根系、丰富的微生物和动物(土壤的居住者)集中的地方。如果說,按 B. И. 維尔納茨基理解的生物圈的厚度(从下到上)在陆地上和在海洋中以几十公里量度的話,那么植物地圈的厚度在陆地上以几米或几十米(很少达到100米或更多)量度。在海洋中,植物地圈的特点是通常厚度比陆地上要大得多。

植物地圈是它的基本成分——活质及其生存条件的辯証統一体,这一概念在許多方面极为重要。首先,植物地圈仿佛是生物圈

¹⁾ B. H.維尔納芙基区分出比較广泛的概念"地壳"和比較狹 窄 的 概 念, "其 它等級"——"地圈"。

²⁾ 这一地圈似乎可以叫做"植物圈",但 B. B.索恰瓦(1944)已經以另一种意义使用了这个术語,用它来标記脫离作为植物群落(以及整个生物群落)居住 环 境的对流层下层和土壤-土质而抽象出来的植被(植物群落被覆)。

的基本部分,在这里植物进行着太阳能的固定,在这里实現着生物性的岩石形成,在这里有机体分泌着气体,这些气体充满了大气圈和水圈,等等。植物地圈正是这样一个地圈,在这个地圈里过去进行过(在过去的,现在成为化石的植物地圈中)和现在正在进行着有机界的发展及其进化。最后,植物地圈在很长的时間内都是在其中进行人类和人类社会发展的地球的唯一的圈。这无論如何涉及到巨大的时間間隔——从旧石器时代到現代。随着人类社会的逐漸发展,改造着植物地圈和人类圈(антропосфера)——人类基本的居住环境。目前,人类在自己的实践活动中几乎达到了广义的整个生物圈,并且开始进入宇宙空間。

应該指出,关于植物地圈的概念并不是新的。还在Р. И. 阿波林(1914:1—2)就曾經把地球的这一圈称做"表生圈"(эпигенема),并給以如下的定义:"原生岩石表面变成厚层的'风化壳',风化壳分解为一系列所謂表面的,或表生的形成物,或簡称为表生层(эпигены),这就是:地形、土质、土壤、植被……所有表生层的总体乃是一种复杂的地理现象,复杂的綜合形成物,以表生圈的形式覆盖着从赤道到两极的整个陆地"。阿波林的这些思想他自己沒有继續发展。他所建議的术語"表生圈"沒有流传开去。加之,他不是同級地对待其余地圈的命名(Вернадский, 1926 а, 1934, 1942)。因此我們建議以"植物地圈"这一术語代替"表生圈",这样更能反映这个概念的实质。

植物地圈可以区分为若干类型。

基本的,或表层的植物地圈几乎覆盖整个陆地,包括所有的小的水体(从它們的表面到底部)和深的湖泊、海洋从水的表层到350—400米的深处。在陆地上,植物地圈的厚度通常不超过100米,很少达到120—150米。这个表层植物地圈自然地分为陆地部分10和水中部分。除了这个被阳光照射的表层植物地圈以外,在

¹⁾在陆地植物地圈中不仅应該包括植物(包括树木在内)的植冠,而且也应該包括植冠之上的对流层,在这个对流层中进行着花粉和孢子以及种子的基本物质量的轉移。

深水体的底部有水下(水底)植物地圈, 那里的植物型式 (растительный форм)主要是細菌。

显然,还可以談到地下植物地圈,指的是处于伴随着石油、达到 1,700 米的深度的层間水中的那些絳紅色的硫磺細菌集群。看来,这些細菌的发育和繁殖依賴有机物质进行,而这种有机物质是石油及其产物(Исаченко,1939)。

生物地理群落 陆地表面的植物地圈可以划分为許多生物地理群落(биогеоценоз), В. Н. 苏卡乔夫(1942,1945,1947,1957) 曾經制定了关于生物地理群落的概念。

B. H.苏卡乔夫給出的定义是这样: "生物地理群落是地表的一个地段,更确切地說,是 B. И.維尔納茨基所理解的生物圈的一个地段¹⁾,那里在一定空間內,生物群落以及与之相适应的大气圈、岩石圈、水圈和土壤圈的部分保持一致,并且它們之間的相互作用具有相同的性质。可以簡短地这样表示: 生物地理群落=生物群落(植物群落+动物群落)+生境(土壤环境+气候环境)"。通常,各个生物地理群落的边界根据植物群落确定。土壤环境和气候环境被理解为符合于該生物群落所处空間的土壤地段和大气部分。

关于生物地理群落的概念在文献中也不是完全 新 的。显然, 英国植物群落学家A.坦斯黎(Tansley,1939,1946)的"生态系"概念 和 Л. С. 別尔格(Берг,1945)所解释的"相"的概念都非 常 接近于 "生物地理群落"概念,或甚至和它相同。Γ. Φ. 莫罗佐夫 (Моро-30B,1912,1949)在他的关于森林的学說中实质上是把森林 看作生 物地理群落,虽然并未使用这一术語或与此类似的术語。

B. H. 苏卡乔夫也确定了生物地理群落的分类单位。他 认为基本单位是"生物地理群落型",相当于植物群落学中的植 物群丛概念。B. H. 苏卡乔夫引用林型的划分来作生物地理群落类型学的例子。

¹⁾ 当然,生物地理群落是 B. II.維尔納茨基所理解的生物圈的一部分,但是这个意思是說好象砖头是大建筑物的一部分一样。

B. H. 苏卡乔夫在他的許多著作中都强調綜合地研究生物地理群落的必要性;只有这样的研究途径才可能提供在理論方面和实践方面重要的結果。"所有这些綜合研究的基本任务在于,使得有可能更加接近于清楚了解該生物地理群落各成分之間,它們与其它生物地理群落之間以及一般地說与其它自然現象之間的物质和能量的交換和轉化过程"(Сукачев,1957:30)。

植物群落和群落中植物間的相互关系

植物群落 (Фитоценоз,或растительное сообщество)¹⁾ 是 生物地理群落最重要的組成部分,可以說,它是一个"动力的装置",因为正是在植物群落中,植物进行着太阳能的固定过程。

B. H. 苏卡乔夫在他最近的一篇著作中給植物群落下了这样的定义(1957:15)。"植物群落被理解为在一定地段上的全部具体植被,它具有一致的組成、层片結构和組配¹⁾并且植物之間以及植物与环境之間的相互作用的性质也相同"。这样一个植物群落的定义可以应用到任何一个或多或少建成了的天然植被地段,也可以应用到許多栽培植物群落,例如,可以应用到作物的播种地,可以应用到乔木树种的栽种地,只要它們的組成一致的話。

按照我們的意見,植物群落应該是植物的任何結合(在自然界中的和在栽培中的),在这种結合中在不論是高等的或是低等的植物成分之間观察到一定的相互作用(直接的和通过环境的)。

生物地理群落和植物群落的研究是最困难的科学問題之一,这是由于这些形成物的結构的复杂性以及它們随时間前进而不断地变化。

植物之間的相互关系和植物与环境之間的相互作用的研究是植物群落因果分析的基本任务之一。

¹⁾ 原文是"cложение",过去譯为"壘結",考虑到"壘結"二字不通俗,也不够确切, 此处暫譯为"組配"。——譯者注

植物群落中植物之間的相互关系可以分为直接的和間接的。

植物之間的直接相互关系在大多数情况下是接触的相互关系 (Сукачев), 这种关系本身又可分为許多类型 (Втаил-Вlanquet, 1951; Корчагин, 1956; Сукчев, 1956; Быков, 1957)。

寄生相互关系广泛存在于植物界。数量特别多,并且常常大量散布的是使高等植物罹病的寄生真菌(銹菌,黑粉病菌)。生活在高等植物上的寄生有花植物分布較少。常常在某些植物群落中大量地发育所謂半寄生植物(Melampyrum,Rhinanthus、Euphrasia等的一些种)。寄生植物(特別是真菌)和半寄生植物的大量发育可以显著地影响植物群落的自养成分,强烈地减低它們的竞爭可能性。

共生相互关系 由于这种关系的結果两种成分(共生成分)在这种或那种程度上从共同生活中彼此取得利益。共生相互关系在自然界中分布也十分普遍。特別經常見到的是菌根,也就是真菌与高等植物在后者根部的共生。苏联有大量的乔木和灌木以及許多草本植物属于菌根植物。高等植物与細菌和放綫菌的共生現象也分布很广。大家知道,大多数豆科植物在根"瘤"中有根瘤細菌共生,这些根瘤細菌从进入根細胞間隙的空气中吸收氮。細菌消耗高等植物所合成的碳水化合物,而高等植物利用細菌所制造的含氮物质。"根瘤"共生现象在一系列的乔木树种上观察到,例如,赤楊、胡頹子、沙棘等等的种。赤楊的第二个共生成分大概是放綫菌。

在低等植物中,藻类和真菌的共生現象¹⁾也是大家都知道的。 低等植物在促进高等植物的营养时,当然能够提高高等植物 的生活力,因而影响到它們的竞爭特性。除此以外,在豆科植物根 系死亡时,根瘤細菌提高土壤的自然肥力,以可給态含氮化合物丰 富土壤。

¹⁾ 共生現象的典型例子是地衣。然而在該情况下眞菌和藻类的共生关系是这样的密切,以致形成特殊的"联合"有机体。大家都知道,地衣是属于特殊的"地衣的"种、属、科,但它們在系統上仍然接近于眞菌。

在寄生現象和共生現象之間有过渡現象。

生理相互关系是同一个种的个体之間根系連生的結果,在許多乔木树种上都观察到¹⁾。根据已有資料,在稠密的云 杉 林和松林的某些地段,30%的树木发生根連生現象。在这种情况下有时观察到发育較弱树木的被抑制现象,因为发育較好的树木截走了它們的水分和营养物质,其結果可能加速被抑制树木的死亡。类似的生理相互关系还研究得很不够。

生物化学相互关系 由于有机体在生命活动过程中向外界环境分泌有机起源物质而发生,在一些情况下对这些或那些邻近的有机体是有利的,在另一些情况下是不利的。Γ. Φ. 加烏捷(Γаузе, 1944)建議把关于这种相互关系的学說叫做"化学生物群落学"。

近来发現,这种相互关系在植物界有非常广泛的分布,它們的 植物群落学意义无疑是很大的。

G. 格留美尔(Grümmer,1955) 区分出一系列生物化学相互关系类型: 1) 对等感染(аллелопатия),也就是借助于分泌(根和地上器官)抑制素(колина),一些高等植物影响另一些高等植物;2)植物杀菌素的影响:高等植物借助于分泌植物杀菌素(фитонцид)对微生物发生影响;3)凋萎影响:微生物借助于 凋萎素 (маразмин)影响高等植物;4)抗生影响:通过抗生素一些微生物影响另一些微生物。

沒有疑問,植物的这类生物化学影响在植物群落的生活中起着非常大的作用,它影响植物种間的相互关系,在許多情况下完全消除了某些种在一定組成的植物群落中发展的可能。曾經有过这样的极其可能的推測:在某些情况下所謂单种或少种群落主要的不是由于絕对优势种的竞爭能力,也就是它的积极利用环境条件的能力,而是由于它分泌出一些对許多其它植物种不利的物质的緣故。

可惜的是,所有这些生物化学影响,特別是在具体植物群落中

¹⁾ 寄生和共生相互关系也是生理相互关系,也可以列入广义理解下的生理相互关系这一组中。

的它們的影响,还研究得极共不够,虽然关于这些問題已經有了一系列的,主要以实驗研究为基础的綜合著作(Grümmer, 1955; Чернобривенко,1956)。

机械相互关系 发生在植物很紧密靠近的情况下。一顆树的树冠被另一顆树的树枝"撞击"的現象属于这一类。在針叶林中混生有相当数量的樺树时特別清楚地观察到这种現象。在被樺树枝条强烈撞击的情况下,松树的針叶可能全部被撞掉,而在撞击程度較弱时,也要撞掉25—30%,撞击現象当然抑制受損害的树木。

籐本植物和具有稳固树干的树木之間的相互关系也可以列入 这种机械相互关系类型,在这种情况下树木作为籐本的机械支柱。 在溫带森林中籐本植物不起显著的作用,但在亚热带的,以及特别 是热带的或多或少潮湿的森林中籐本植物非常多,它們的丰富发 育可以抑制常常是非常粗壮和高大的树木。

附生相互关系 在这种情况下植物的个别部分(树干、树枝、部分叶子)作为另一些較小的植物的居住地,在我們这里主要是藻类、地衣和蘚类,而在亚热带和热带地方,也有蕨类和有花植物。附生植物与宿主沒有任何生理的、甚至生物化学的接触,它們只是生长在这些植物的表面上。附生植物完全是自养植物,依靠积聚尘埃和树皮表面腐烂的死亡部分进行营养。附生植物和在土壤中具有根系的籐本植物之間存在着过渡类型;这就是籐本一附生植物。

溫带地方的附生植物不起显著的植物群落学作用,但在潮湿热带森林中,它們在植物群落中的作用可能相当的大,这既表現在总植物物质(растительная масса)方面,也表現在它們的环境形成作用方面(使穿过林冠的光量减少),甚至它們的重量对树枝也有机械影响。

从这个簡短的概述中可以看到,植物之間的直接相互关系对植物群落中植物的生活、組成和結构的影响,在某些情况下可能非常巨大。特別是涉及到生物化学的、共生的以及部分寄生的相互关系。可惜,地植物学家在他們的具体工作中很少考虑到这些相互关系。

植物在它們共同生活时它們之間的間接相互 关 系 是 很普遍的,通常将它們分为环境形成的相互关系和竞争的相互关系。

环境形成的相互关系是最普遍的相互关系之一。

在 B. И. 維尔納茨基的著作 (1926 a, 1934, 1942) 問世以后,特別加深了关于植物的环境形成作用的观念, B. И. 維尔納茨基曾經指出生命,特別是植被,对于在地球地质历史进程中地球外壳——对流层、岩石圈和水圈的形成的巨大全球性的意义。他 (1926 a:25) 写道: "在地球表面,沒有比整个生活有机体更加經常地起作用,因而在自己的最終后果方面更为强大的化学力量了"。 拜且指出: "在地壳上沒有一个巨大的化学平衡不表現出生命对它的基本影响,生命对地壳的所有化学作用烙上不可磨灭的印痕"。

大气圈的气体成分以最直接的形式与有机体的生命活动,如 光合作用、呼吸作用等等过程相联系。不仅土壤,就是岩石圈中的 沉积岩也是整个地,或至少在活质的大量参加下創造的。水圈也 同样充满着有机起源的物质。在地壳的大量化学元素的循环中, 有机体起着特别巨大的作用。含有叶綠素的有机体固定着太阳 能,因而使太阳能参加到地球过程中。

在形成生物圈的所有过程中主要作用也属于植物和它們的組合——植物群落。这些大气圈、岩石圈和水圈被植物群落的改造过程永无休止地继續着,并且它們的性质在很大程度上依賴于植物群落的組成和結构。

在环境形成作用中,也就是說在植物群落內物质和能的交換中,起特別巨大作用的是优势植物,特別是所謂建群种,或植物群落的建設者,也就是主要层(森林中的乔木层,草甸和草原中的草本层等等)的优势种。在这方面特別明显地表現出来的是植物群落中各成分間的环境形成的相互关系。例如,高位沼泽上的泥炭蘚被层完全制約着作为这个群落的其它居住者的基质的水文和小气候特点。在森林中,植物气候条件基本上是由乔木层,主要是其中的优势乔木树种創造的;树木也最强烈地影响土壤。然而在象森林那样的复杂群落中,从属层次也起着或大或小的环境形成作用。

例如,在具有蘚被的泰加林中,蘚被非常强烈地影响小气候和土壤的水分状况。森林中的下层——小灌木-草本 层 和 地 被层(蘚类层)——在很大程度上为乔木树种的幼苗創造了生存条件。

竞爭相互关系 象环境形成相互关系一样也是普遍存在的。 植物群落同居者之間的这两种非直接相互关系的形式常常很难彼此分开,它們在自然界中永远是相互交錯的。

大家知道,达尔文曾經认为,竞争相互关系在有机界的发展中 起着非常巨大的作用。А. П. 謝尼科夫(Шенников, 1938 а)會經 强調过达尔文的这种見解对植物群落学的意义。

有机界中的競爭現象,其中包括植物为了取得发芽以及进一步生长和发育的空間,为了水分和营养物质(后者特別是在土壤中)的竞爭現象联系着它們的生长和繁殖,关于这点还在达尔文就曾經指出过。В. И. 維尔納茨基在自己的关于"繁衍"(растекание размножением)的学說中继承幷发展了这些思想。

"生物圈中綠色活质的繁衍乃是地壳上最特征的和最重要一种机制的表現。它对于所有的活质,不管是沒有叶綠素的或是具有叶綠素的,都是共同的,它是生物圈中全部生命的最可作为特征的和最重要的現象……是包括生物圈全部空間的生命能的形式……活质沿地球表面的展布乃是地球的不可避免地运动着的能的表現,生物圈中新的空間被由于繁殖而新創造的有机体所占据的表现……这种能量表現在生命所进行的工作中,——在化学元素的轉移中和在由化学元素創造新的躯体的过程中。我将称它为生物圈中生命的地球化学能"(Вернадский, 1926 a:30,31)。

按照 B. VI. 維尔納茨基的意見(1926 6),根据"单位时間內所 創造出的个体的数量,和完全成熟状态下它們的重量"可以确定这 种地球化学能。有机体占据新的空間就是这种 地 球 化 学能的表 現。然而,"除了决定于生存斗争的該面积的大小之外,最重要的 是同一时間內处于該面积上的同类活质具有不同的地球化学能"。

最不相同的形态和生理特性促使这些或那些种在为了空間、土壤中的水分和营养物质等等而进行的竞争中取得胜利。属于这

些特性的有:多量的种子、种子具有对迅速传播的适应、在水分最少时种子迅速发芽的能力、幼苗和成年植株的快速生长、从土壤中 迅速地吸取水分和較节省地消耗水分的生理特性等等。

植物群落中,不論是直接的或是間接的(通过环境)植物相互关系的研究是有意义的,但是复杂的任务。在自然界中直接的、深思熟虑的观察可以提供許多材料。对于研究所謂机械的和附生的相互关系这种观察可以获得几乎詳尽无遗的資料。对于认識寄生相互关系在自然界进行观察意义也是很大的,但是这里在一系列情况下显示出实驗工作的必要性,因为实驗工作对于比較精确地估計在其它条件相同的情况下寄生植物对这些或那些植物所带来的危害程度是必要的。

共生相互关系的研究 除了在自然界观察以外,需要設置 具有一定成对共生成分的試驗,以便用生理方法更深入地认識这 些現象。

只有借助于布置相应的实驗才能揭露生物化学相互关系,这 种实驗基本上在于把不同的一对植物种栽培在一起幷研究它們的 分泌物。

植物群落中植物之間的通过环境而实現的間接相互关系的研究最为复杂。在大多数情况下这需要在自然界进行长期的观察,而有时也需要設置精确的实驗。只有在十分深入研究下列各方面的条件下才能完全地揭露这些相互关系的实质: 1)該植物群落各成分的生态学和生物学,并且在它們的个体发育中去研究;2)植物群落組成和結构的季节变化和年际变化; 3)植物群落各个成分(种)对这些或那些环境条件的影响;4)生理上起作用的环境状况(生境)的季节变化和年际变化,这种环境状况本身又与其它間接地起作用的自然地理因素密切地相連系。

植物群落的結构

关于植物群落結构的学說通常叫做植物群落形态学。然而必

須指出,植物群落的結构应該从生态季相中和从动态中,在許多生 长季期間去观察。只有这样的处理方法才能把"群落形态学"从局 限性的和靜态的描述中解脫出来。

植物群落的基本結构要素是种群、层片和同生群。

种群 (Видовая популяция) 地植物学家在研究 植物 群落时,通常以主要注意力去統計进入这一或那一群落的种的参加数量,以这种或那种方法确定在被研究的植物群落地段上的多度、优势度(投影盖度)、种的頻度以及它們的重量对比关系(收获量)。实际上,查明种在植物群落中的数量参加度,已經是研究出現在該植物群落中的这个种的种群的第一步。

然而,象 T. A.拉波特諾夫(Работнов,1950а,1950б)所會經指 出过的,我們必須制定出作为群落結构要素的种群的概念,必須較 全面地研究植物群落中的种群。关于这个問題, T. A. 拉波特諾 夫(1950a:466)以下列方式說出自己的基本論点:"种群应該被理 解为生长在一定群落中的一个种的个体的总体。任何一个种,如 果它出現在几个群落中的話,那么都是以特殊的种群出現在它們 之中……对于植物群落学最有意义的不是研究种群的基因型組成 (генотипический состов),而是研究与种群中植物个体在年龄上 和生活状态上的差异相联系的种群的物 候期 組成 (фенофазный состов)……为此必須預先确定在物候型特征上有区别的个体类 群。物候型在它們的个体发育过程中随年龄发生改变"。

以上这些論点,除去所談到的研究种群的基因型組成对认識植物群落沒有重要意义这一点外,全部可以同意。当然,就这一点 說,事实不是这样。沒有疑問,同一个种可以以不同的生物型(биотип) 出現在属于不同群丛的植物群落中。例如,草原放牧場上的草原羊茅(Festuca sulcata)属于特殊的牧場生态型(ЭКОТИП),不同于割草草原組成中的草原羊茅生态型。鴨茅(Dactylis glomerata)在开曠的草甸群落組成中和在橡树林林冠下是属于两个特殊的生态型,等等。

很遺憾,植物群落中种群的生态型組成还研究得极其不够。

Т. А. 拉波特諾夫建議在这个或那个种的种群組成中区分 出下列物候型状态(个体群):1)有生活能力的种子(果实)或能传播的营养繁殖体;2)幼苗;3)少龄植物(ювенильное растение),这些植物的叶子通常在大小和形状上不同于成年植物,它們又分为:(1)由种子产生的,(2)由营养繁殖产生的;4)青年植物(прематурное растение)(从少龄到成年的过渡);5)处于性成熟(виргинильное) 状态的成年营养期个体;6)生殖期个体(在雌雄异株的植物分;(1)具雄花的,(2)具雌花的);7)处于营养状态的性成熟个体(在有些年份中,大多数以前已經开过花的个体不开花,常常在天然群落条件下見到这类植物);8)处于生殖期結束后的生长期的成年个体;9)以根茎和其它地下休眠器官的形式处于强迫休眠状态下的成年个体,这种休眠是由于对該种发育特别不利的条件。

在植物群落中大多数的种如果不是具有属于所有这些物候型群的个体的話,也至少具有它們之中的大多数。但是这些物候型群之間的数量对比关系,不仅在同一群落中的不同植物种之間不同,而且在属于不同群丛的不同群落中的同一个植物种也不同。因此,T. A. 拉波特諾夫(1950 a: 467)指出:"如果能确定形成群落的全部种的完全种群組成,并且确定它們的年龄組成,那么在这个基础上似乎可以十分准确地判断群落的过去、現在和部分的将来"。

植物在群落中的作用、它們的数量以及种群的物候型組成决定于三組因素(Шенников, 1938 а,1942): 1)种的生物学特性,2)环境条件的性质,3)群落中和該种生长在一起的其它有机体的生物学特性。

植物的許多适应特性通常与群落中植物物候型的多样性有联系,这些特性制約着植物种在群落中的稳定性。 这 些 特 性 如 下 (Работнов,1950a:468)。

- 1. 种子不立刻发芽幷且长期保持发芽的能力。这一特 性 对 少年生植物(一年生或二年生植物)特別重要。
 - 2. 植物能够长期处于少龄或青年状态, 幷滿足于某方面局限

的生存条件。可以接引苏联許多耐阴乔木树种作为例子,这些树种能够长期处于青年状态,只要暫时由于相邻树木的衰亡还沒有为它們在林冠中留下空間。

3. 成年植物长期忍受不利生存条件的能力,这时它們并不死 去,而只改变自己地上器官的性质,或者,在特别不利的年份,完全 不形成地上器官。可以举烏克兰南部草原洼地中的花蘭 (Butomus umbellatus)作为后一情况的例子;花蘭在这里只在特別多雨的年 份,当洼地充满了水时才发育,而在干旱的年份它只以根茎的形式 处于休眠状态,不发育地上器官(Пачоский,1917)。另外还可以举 一个根据我亲自在蒙古人民共和国南戈壁省 Гурбан-Сайхан 中 山以北的荒漠草原上看到的例子, 那里的山前平原上, 于1950年夏 季当降落較多的雨水时, 在坐小灌木-葱类荒漠草原的組成中, 丰 富地发育了密草丛的多根葱(Allium polyrrhizum)。在它的每一 个草从上,除去发育了营养枝之外,还发育出頗大量的生殖茎,上 面有大的白色花朵組成的繖形花序。八月,上述葱类草原好象真 正的花圃。在翌年,干旱的1951年,呈現了另外的图景,夏季,葱 类在大多数情况下甚至不发育出营养枝,只有在秋季,在九月末降 雨之后,土壤表面才出現綠色的葱类幼枝的"針"。大家也知道,在 不利的,特別是干旱的年份,中亚荒漠中 Seriphidium 亚属的几 种蒿类的性成熟植株不发育生殖枝,而处于营养状态。

在各成分間具有复杂相互关系的建成植物群落中,种群組成最为多种多样 (Работнов, 1950 а: 468—470), 这是由于下列原因所引起:

- 1.进入种群組成的个体的各个物候型群具有不同的生态学特性和生物学特性。試驗指出,同一个种的不同物候型群对于施肥或割草具有不同的反应。
- 2.由于种群內各个物候型群的年龄和生活状态不同,它們的 地上和地下器官的发育强度也不同,与此相联系,它們对植物环境 以及对群落其它成分的相互关系的影响的性质和强度也不同。

生长在这个或那个植物群落中的种群的数量和物候型組成,

与植物群落的收获量有直接的关系。

- 3. 依靠在同一个植物群落中种群物候型組成的多样性,植物种可以比較完全地利用环境条件。例如,在森林中,同一个乔木树种的幼苗、少龄植物、青年植物和成年植物处于不同的层中,而它們的根系伸入不同深度的土层中;因此,同一个乔木树种几乎利用了地表面这一地段內植物地圈全部厚度的生存条件。进入任何类型植物群落的灌木、半灌木和草本种的不同年龄的种群也是一样。
- 4. 依靠种群物候型組成的多样性和物候型类群改变自己状态(生殖个体过渡为营养个体,甚至过渡为休眠状态等等)的能力,植物种不仅可以生存在最适的条件下,而且也可以生存在比較不利的,无論如何年复一年地强烈改变的条件下,如上面所举之例。
- 5. 植物种群的多种多样的組成是建成天然群落的基本 特 征 之一。这种情况促进了天然群落的稳定性。在这种情况下,由于 許多植物的迅速地改变自己的物候型状态的能力,它們可以强烈 地改变种的重量多度和投影多度,而不引起相应种群的数量的重 大改变。

由上述可以看出,在这些或那些植物群落条件中研究从种子 萌发到个体死亡的种的个体发育,以及作为整体的种群,对于认識 植物群落具有非常大的意义(Лавренко,1944),可惜,这些研究是 很繁重的,只有在定位或半定位条件下才可能实現。在进行这些 研究时必須认識植物种的不同物候型状态,并且能够鑑定它們的 年龄,而这些工作首先要求事先进行形态-生物学研究。

在森林植物群落中,由于測树工作的关系,乔木树种的种群研究得較好,但仍然不够。灌木、半灌木以及特別是草本植物群落在这方面几乎沒有进行研究。Т.А.拉波特諾夫(1950 б)的专著是这方面较好的工作,这个著作討論了基斯洛沃德斯克(Кисловодск)以南地区大高加索中部亚阿尔卑斯型草甸中草本植物的种群。

十分明显,在这样布置植物群落中的种群研究时,也将会足够 詳細地解决关于植物群落成分更新这样的重要問題。在一系列情 况下,还需要研究这些或那些植物种的种子和营养繁殖体在所研 究的植物群落范围內的传播方式問題。

层片(синузия) 层片概念是加姆斯(Gams, 1918)引入科学中的。大家知道,这位学者在植物群落組成中区分出三种类型的层片:第一級——同一个种的个体的总体;第二級——不同种的个体的总体,但这些种属于同一个生活型类群;第三級——属于不同生活型类群的不同种的个体的总体。В. В. 阿略兴(Алехин, 1936)把层片区分为五个級。

在現在苏联地植物学文献中按加姆斯第二級层片的意义理解层片。加姆斯和 В. В. 阿略兴的第一級层片不是别的,就是植物群落中的种群(按照貝科夫,是"地植物学"种群,1957)。加姆斯的第三級层片(和 В. В. 阿略兴的第五級层片)符合于"小群落"(микрогруппировка),1953]的概念,或甚至符合于通常所理解的"植物群落"(фитоценоз)的概念,因为植物群落几乎永远是由属于不同生活型的植物种(高等的和低等的)组成的。

美国学者們的"組合"(society)和 Б.А. 凱勒尔(Келлер, 1923) 的"共住群"(общежитие)接近于加姆斯的第二級层片的概念。

按照 B. H. 苏卡乔夫,我們把层片理解为植物群落 的結构部分,它的特点是具有一定的种类組成,它所包含的种具有一定的生态-生物学一致性,并且,非常重要的是,它具有一定的小环境,这种小环境是相应植物群落的环境[生境(Экотоп)]的一部分。

与层片概念最紧密地联系的是关于生活型和生活型分类的問題。 題。

瑙基耶尔的著名的生活型分类被广泛地采用着,这一分类是根据低温或干旱所引起的休眠时期中芽的位置。按照这个分类,基本的生活型有一年生植物,隐芽植物(休眠芽处于水中的水生植物或休眠芽处于土壤中的地下芽植物),地面芽植物(休眠芽和越冬器官处于土壤表面),地上芽植物(休眠芽和越冬器官处于地面以上数厘米的高度),高位芽植物(休眠芽和越冬器官高于地面以上10—15厘米)。这一分类曾經被布瑙—布朗喀(Braun-Blanquet,

1951)在上述基本类型的范围內詳細地补充过。裘-里耶 (Du-Ri-etz, 1931)关于生活型也做过已經有些过时的綜述。

象在文献中已經指出过的,瑙基耶尔的生活型分类有片面性 的缺点。

我們认为,对于生活在土壤中的(細菌、填菌、某些藻类),生活在水中的(許多低等和高等植物)和生活在空气环境和土壤中的(大多数高等植物)或生活在其它基质上的(石头,树皮,叶子——由不同的系統类群所組成的石面植物和附生植物;生活在高等植物地上器官上的寄生植物也属于这一类)有机体应該分別地制訂生活型的分类¹¹。对于每一个这样的"生命圈"(cфера жизни)应該为植物的基本系統(系統发生)类群——細菌、真菌、藻类、地衣、苔蘚、蕨类植物和有花(裸子和被子)植物分别地划分出生活型²¹。

在划分所有这些系統类群的代表的生活型时,最好首先考虑营养的性质,区分出异养植物、半自养植物(半寄生植物、半腐生植物,例如象地衣)和自养植物⁸⁾。考虑营养性质对于理解該植物种在植物群落中的环境形成作用是非常重要的,这点 В. Р. 威廉斯(Вильямс, 1922 及他的其它著作)已不止一次地指出过。

如果拿最复杂的有花植物类群做为例子,那么生长在陆地上的有花植物自养代表之中首先应該区分出藤本植物类群(具有攀緣或纏繞茎)和具有直立或匍匐地上萌条(nober)的基本类群。十分明显,藤本植物不可能是植物群落的基本建設者,同时象具有直立的和甚至半匍匐或匍匐萌条的植物(例如,Juniperus sabina,Pinus mughus,Agrostis prorepens,Aeluropus littoralis,Cynodon dactylon)可以在大面积上形成或多或少成片的植丛(заросль)。

藤本植物可以分为木本的(常綠的和夏綠的)和草本的(多年

¹⁾ 我們所有以后关于植物生活型分类方面的建議,带有介紹的性质,发表以供討論。

²⁾ **Б. А.** 具**科夫(1957)**已經指出过在植物的各个大的系統类群范 围內划 分生活型的必要性。

³⁾ 在这种情况下,所有的真菌列入异养植物类群,而所有的地衣列入半自养植物类群。

生的,一年生的)等等。

具有直立或匍匐地上萌条的自养有花植物的基本类群应該按基本生长型式再分为若干类群:乔木、灌木、小灌木(低于1米)、华乔木(具有每年掉落的同化作用的枝条,例如梭梭)、华灌木(同样具有每年掉落的同化作用的枝条,例如 Calligonum 的种)、华小灌木(低于1米)和草本植物。十分明显,植物的重要群落学特性:生物学生产力、形成环境的能力等等在頗大程度上与这些基本生长型式相联系。

乔木、灌木和小灌木按它們同化器官(主要是叶子)生存期的 长短可以分为常綠的和夏綠的(落叶的)类群,而草本植物可分为 多年生草本和少年生(二年生和一年生)草本。

在按照生长型式的各基本类群(从乔木到多年生草本植物)之中,应該根据它們是否具有营养繁殖(增大)能力进一步划分为下列植物种类群:1)具有直立的地上萌条,但沒有营养繁殖能力的植物,2)具有匍匐的(蔓生的),但不生根的地上萌条的植物,3)具有匍匐的萌条,但后者生根的植物,4)根茎植物,5)草丛植物(具有非常短的,密輻射状分布的根茎),6)根蘗植物。

考虑植物的营养繁殖能力有很大的植物群落学意义,因为植物生长成不同大小的草丛、植丛等等与这种能力有联系。在植物群落的演替現象中,根茎植物或根蘖植物常常很容易占据地面,并且在許多年中把它保持住。具营养繁殖能力的植物也能够在有性繁殖或多或少受抑制的情况下繁生起来,并且占据新的地域。

在这种分类水平上的生活型类群还可以更进一步根据比較次 要的特征(应該考虑,例如,許多小灌木、半小灌木和多年生草本植物的垫状生长型式等等)加以划分。

在最后一級,生活型可以根据对热量条件和水分条件的关系划分成生态类群,就象B. A. 具科夫(1957)所建議的那样。

E. 施密特(Schmid, 1957)所建議的把群落中植物生长型式的性质用图解法繪制出来是非常有意义的。 E. 施密特在自己的植物种生物形态学图 (биоморфологическая схема) 中考虑和繪出了

下列特征,生命的持續时間、植物的大小、茎木质化的程度、分枝的性质(Achsensystem;非常詳細)、同化器官(叶子的生活持續时間和它們的大小)、根(初生根和不定根)、是否有积累貯藏营养物质的器官。这位学者引用了他研究过的植被类型的結构的示意图(以垂直剖面的形式),在图上表示出进入相应群落的基本植物种的生物形态学特征。

現在談一下"层片"、"层"和"种群"这几个概念的关系。

В. Н. 苏卡乔夫 (1957:13) 正确地强調层片这一概念的植物群落学內容, 他給层片下的定义如下: "我們把层片理 解 为植物群落的結构部分, 它的特点是具有一定的种类組成, 組成它們的植物种具有一定的生态学性质, 并且在空間上(或在时間上) 具有独特性, 因而也具有該层片的植物所創造的特殊的植物群落环境(小环境)"。因此, 植物群落中的层片占据着象动物学家所說的 那 种一定的'生态小生境'(экологическая ниша) (Липпмаа, 1946; Работнов, 1950 а, 1950 б; Сукачев, 1957)。由层片的这个定义可以得出結論, 属于这个或那个生物型(биоморф)(生活型)的植物, 只有当它們的数量相当多, 在群落中占据一定的空間(即使是在生长期間也好)的情况下, 才能形成层片。

在这样的解释下,层片在一定程度上和植物群落中的"层"的概念相符合,这种"层"的概念来自通常的名称——层,如乔木层、灌木层等等。B. H. 苏卡乔夫(1957:37) 同样认为,必須把"层性(ярусность)看做只是层片的部分的,虽然是最重要的情况。"

将群落划分成层应該看做是对植物群落結构的某种一般的,粗放的理解。因此,必须区分出四个基本层:1)乔木层,2)灌木(或半灌木)层,3)草本(或小灌木,或半小灌木)层,以及4)地被(蘚类-地衣)层¹⁾。层(乔木层,灌木层,草本层)常常划分为亚层。每一个层或亚层由地上和地下部分組成。这样解释下的"层"的概念与B. A. 具科夫(1957)的"阶"(ступень)的概念相符合。

¹⁾ Л. Г. 拉緬斯基(Раменский, 1938: 279) 划分出的基本层与此相近。

层或亚层可以由一个层片或由几个层片組成 (Липпмаа, 1946)。例如,欧洲櫟树林中的草本层至少由两个层片——春季(类短命)草本植物层片和夏-秋草本植物层片組成,等等。

B. Н. 苏卡乔夫完全正确地指出,森林枯枝落叶层 中不同层[微层(микрогоризонт)]的低等植物,属于不同的层片;并且,甚至在森林枯枝落叶层的一个微层內可以有几个层片,例如細菌层片、填菌层片、藻类层片。

每一个层片的特征不仅是由属于同一个生活型或相近生活型的植物种組成,而且也具有自己的特殊环境——小环境(микросреда)。因此,植物群落的层片結构反映出它的环境的分化或分层,植物群落的环境不論地下部分或地上(空气)部分都可划分出一系列的层(горизонт)。

植物群落中生活型組成的多种多样,以及与此相联系的植物群落层片結构的复杂性,保証了生物全面利用生境的生活資源,或多或少稳定的最高植物生产量(在該气候和土壤条件下),以及最大程度地影响环境,对环境进行生物性的改造。

还应該指出,在各个层片之間可能存在着过渡,因此各个层片 幷不是永远表現得十分明显。

在植物群落中,层片和种群的关系是怎样呢?

B. H. 苏卡乔夫在許多著作中不止一次地发表过这样的意見: 在同一个群落中同一种自然更新的植物种(例如,这一或那一乔木 树种)"不可能进入两个或更多的层,但可以分布在不同的叠 (полог)中。因此,我們必須严格地区分暫时停留在 这一或 那一层中 的树种和永久属于該层的树种"(Сукачев, 1957:39)。

T. A. 拉波特諾夫(Работнов,1950a, 19506) 以另外的方式解决这个問題,他认为,同一个群落中的种群可以进入几个层片的組成。根据同一个群落中同一个种的个体所属层片的数目,可以区分出单层片种群,二层片种群,等等。他认为,在草本群落中,最常见到的是三层片种群,因为同一个草本植物种的个体通常进入三个层片的組成中: 1)土内层片(处于土壤中和尚未萌发的具生

活力的种子);2)占据近地面空气层和土壤上层的植物的层片(該种的幼苗和少龄植物);3)生长較高的植物的层片或层片組,这些植物的根系伸入土壤的比較深的层次(該种的成年植物)。

就象 T. A. 拉波特諾夫(1950a, 19506)在高加索亚阿尔卑斯型草甸¹⁾的研究所指出的,早期个体发育阶段的种(少龄植物,青年植物)停留在較低层片組成中的期限可以很长,由于这个原因該种可以长时間参加这些"下层"层片植物的种間竞争,同时也参加它們的"小植物环境"的形成。

一个种的个体在它的个体发育过程中从該植物群落的一个层片过渡到另一个层片,这是各个层片之間缺少明显界限的原因之一(Работнов, 1950а, 1950б)。

因此,可以說,种群旣以自己的不同物候型状态进入各个层片 的組成,同时又是做为整体的植物群落的結构部分。

大家知道,某些研究者(Du-Rietz,1930;Липпмаа,1935)认为,植物群落学的基本单位不是植物群落,而是它的部分——层片(层)。例如,Т. М. 李普馬阿(Липпмаа)曾經采用"单层群丛",也就是层片型(тип синузии)做为植物群落分类的基本单位。然而在他的最后的,死后出版的著作(Липпмаа,1946)中,他承认植物群落分类的基本单位是群丛 (ассоциация)。他建議把群丛分为简单的和复杂的:前者由一个层片組成,后者由两个或若干个层片組成。这一点不能令人同意,因为在植物群落中存在由高等植物组成的一个层片的情况下,在土壤中永远存在一个,或更常是,若干个低等植物层片。因此,任何一个植物群落,甚至沒有杂草的这种或那种农作物的播种地,将永远包含几个层片。

个别的层片或层片組可以做为特殊的研究对象, 特别是那些

¹⁾ 原文是"субальпийская луга"与 "альпийская луга"相对,通常将前者譯为 "亚高山草甸",后者譯为"高山草甸"。但是这样譯容易与"高山"(высокогорье) 相混。因为按照苏联大多数科学家的理解,"высокогорье" 分为两部分,上部叫 "альпийское",下部叫 "субальпийское"。在本书中,我們暫将 "альпийская луга" 譯为"阿尔卑斯型草甸","субальпийская луга"譯为 "亚阿尔卑斯型草甸"。——譯者注

出現在不同群丛,甚至不同群系中的层片,例如象具光泽的森林真 蘚层片,它們不仅很好地表現在泰加云杉林中、松林中,而且也表 現在沒有树木的許多冻原群落中。虽然层片只是植物群落的結构 要素,但是可以将它們划分类型,也就是进行分类。T. M. 李普馬 阿(1946)正确地指出,层片的分类应該根据优势生活型的統計,同 时必須注意层片的生境性质。

在組成植物群落(群丛也是一样)的层片之中应該分出基本层片 (основная синузия),或建群层片(эдификаторная синузия),和从属层片(подчиненная синузия)。建群层片基本上决定了群落的内部环境——植物环境;通常这些层片提供出群落的大部分植物物质。在森林中——这是木本层片之一,在草原中——旱生草丛禾草层片,在高位沼泽上——泥炭蘚层片,等等。从属层片在植物群落的生境中占据着这些或那些生态小生境,在創造这些小生境时,建群层片起着决定性的作用。例如,在泰加林地区云杉林的从属层片中,很好地表現出光泽真蘚层片和北方小灌木及半小灌木(Vaccinium vitis-idaea, V. myrtillus等)层片。在荒漠草原中,除了草丛禾草(Stipa sareptana, Agropyrum desertorum, Festuca sulcata)建群层片之外,通常很好地表現出旱生半小灌木(Artemisia Lercheana, Kochia prostrata)层片,以及某些其它的层片,例如游动地衣(Parmelia vagans, P. ryssolea)层片。

并不是常常都能容易地把建群层片区分出来。例如,到現在仍然不清楚,在外高加索南部和中亚的低山和中山上的旱生疏林中,什么样的层片起着基本的作用(做为环境的主要改造者),是散生的低矮的乔木檜(Juniperus 的种)或黄連木 (Pistacia mutica, P. vera)組成的木本层片呢?或是在面积上占优势的草原草丛禾草层片?或者,在另一些情况下,根茎半类短命(гемиэфемероидный)禾草Agropyrum trichophorum 层片?或者,有时候,由 Astragalus, Onobrychis 等属組成的旱生垫状具刺(西黄蓍)小灌木层片,等等?

研究这些或那些层片在創造群落环境以及在积累植物物质等 等过程中的作用,乃是植物群落研究的非常重要的任务。 同生群(консорция) Л. Г. 拉 緬 斯 基 (Раменский, 1952: 186,187) 曾經指出,"除了层片和大家都知道的营养鏈之外,应該在群落中也区分出异种有机体的結合(сочетание),以它們命运的一定共同性在它們的生命活动中彼此紧密地联系着(相伴群或同生群)……不区分和研究同生群,我們对生物群落的认識便不是充分的和完全的"。

可以举出乔木树种做为同生群的例子,例如,櫟树和它所特有的由植物和动物組成的寄生物、附生植物(地衣、蘚类)、共生成分(菌根、根际微生物),等等。

植物群落中的同生群在大多数情况下还沒有被研究过。在生物群落的研究中,几乎从来也不把研究即使是优势植物种的全部寄生填菌、来自动物界的危害者以及地上和地下器官的共生成分做为自己的任务。显而易見,必須在植物群落中这些或那些植物种的个体发育过程中研究这种同生联系。

所有这些概念——种群、层片和同生群——都是非常重要的; 它們从不同的观点說明了植物群落的結构。

小群落(микрофитоценоз) [按照拉緬斯基,1938,和雅罗森科,1953,是小群聚(микрогруппировка)]也是广泛分布的鑲嵌植物群落中的結构单位;但这个結构单位比較复杂,也可以說,比上面提到的那些結构单位更为高級。

植物群落区系組成和层片結构在水平方向上的某种不一致性,也就是它們的鑲嵌性,既依賴于自然环境,主要是小地形的不一致性,也依賴于生物群落的組成成分——植物和动物的生命活动。植物和动物的生命活动在影响生物群落(植物群落)內部的生存条件时,可能导致在生物群落范围內形成具有自己小环境的小群落(Лавренко, 1952)。

現在举一个我亲自观察到的例子。在或多或少輕质土壤上的 蒙古¹⁾ 草原特有所謂"錦鸡儿" 草原,这种草原的組成在草丛禾草

¹⁾ 指蒙古人民共和国,下同。——譯者注

和葱类植物(Stipa decipiens, Cleistogenes squarrosa, 而在荒漠草原中还有 Stipa gobica, S. glareosa, Cleistogenes sinensis, Allium mongolicum, A. polyrrhizum) 占优势的基本草被中散生着具根茎的錦鸡儿(Caragana microphylla, C. pygmaea) 维丛(куртина)。

有一次,在荒漠草原亚地带,曾經看到下列鑲嵌群丛, Cleistogenes squarrosa + Stipa gobica + Allium mongolicum | Caragana pygmaea-Cleistogenes sinensis (+Salsola ruthenica+Eragrosstis minor)1)。这个群丛由两个小群丛(而属于該群丛的植物群 落由两个小群落)組成:在其中只很好地表現出由草丛禾草(Cleistogenes squarrosa 和 Stipa gobica)和草丛葱类(Allium mongolicum) 組成的一个层片的基本小群丛, 和相隔若干米 (通常超过 5 米)散布的矮生灌木(高度約50厘米) Caragana pygmaea 堆丛組 成的次要小群从。在基本小群从的組成中有个別的十分受抑制的 个体和其它的生物型(旱生半小灌木,夏秋一年生植物),它們不形 成特殊的层片。直径从几十厘米到 2.5 米的 Caragana pygmaea 堆从是由于它們用根茎营养繁殖的結果而形成,在它們附近积聚 了高达 15-20 厘米的沙丘。在这些堆丛中,除了錦鸡儿組成的基 本灌木层片以外,还表現出两个从属的层片——草丛禾草(由 Cleistogenes sinensis組成)层片以及发育很好的夏-秋一年生植物 (Salsola ruthenica, Eragrostis minor, Echinopsilon divaricatum 等)层片。一年生植物在基本小群丛中也有,但是只以少数受抑制 的植株出現。

因此,也象在水平方向上均质的植物群落一样,小群落由层片 組成;在这种情况下同一个植物群落的不同小群落可以由不同的 层片組成。上面簡短地談到的两个小群丛不能看做是特殊的独立 群丛,因为錦鸡儿的根远远地伸入葱类-針茅-隐子草小群丛所占 据的堆丛間地段的土壤中,并且在那里与后者的組成成分发生相 互作用(通过环境)。

¹⁾ 加号(+)用以区分同一个层的植物,减号(-)用以区分不同层的植物,两条纵立 的平行模区分整个鎭嵌群丛中的小群丛。

鑲嵌植物群落以及相应的鑲嵌植物群丛广泛地分布于自然界,既分布于荒漠、草原、草甸、沼泽、冻原等植被型中,也分布于森林植被类型中。

不同的,但相邻的小群落的成分之間,无論是地上部分,或特別是地下部分,經常相互作用着,这是組成鑲嵌植物群落的小群落的特征。在这方面鑲嵌植物群落不同于属于不同群丛(两个、三个或更多)的群落小复合体(микрокомплекс фитоценозов)。在微复合体中,各个植物群落的直径以几米或几十米来計算。在微复合体的情况下,不同植物群落或它們的片断(фрагмент)的植物之間的接触,仅在边界部分观察到,而相邻植物群落的大部分成分彼此沒有关系,各自存在于不同的生境条件中。

П. Д. 雅罗森科(Ярошенко,1953:47)根据植被的鑲嵌結构,强調指出,与其它群落結合在一起的植物群落,进入"还要更大的大群聚(макрогруппировка)的組成中,这种大群聚本身又是还要更大的大群聚的一部分,如此等等"。他引用做为整体的森林草原做为这种大群聚的例子。这里,在植物群落的結构部分(小群聚)和植物群落的組合(сочетание фитоценозов)("大群聚"),或甚至植物群落結合的結合("大大群聚")之間表現出明显的混乱。

群落成分型(фитоценотип)¹⁾ 如果說,在任一植物群落的层片之中,我們能够区分出主要层片和占据着相应生物地理群落的这些或那些生态小生境的从属层片的話,那么在层片的組成中也同样能够区分出主要种和次要种;主要种与层片的其余成分比較起来,通常在該层片中具有最大的投影盖度,最多的植物物质,并且对环境表現出最强烈的影响。不仅可以談論关于各个层片的主要和次要种,而且也可以談論关于整个群落的主要种和次要种;在这种情况下,植物群落的主要种当然是基本(建群)层片的主要种。

植物群落种类組成的这种群落成分型的分析,很早就吸引了研究者們的注意。

^{1) &}quot;фитоценотип"以前譯为"植物群落型"或"群落成員型",但前者譯容易被誤解为 "植物群落类型",后者有拟人意味,所以譯者建議譯为"群落成分型"。——譯者注

Г. Н. 維索茨基(Высоцкий, 1915)在草原的組成中区分出下列造群型,或者,如他所称的"社会阶級"——得势种 (превалид)和混杂种(ингредиент)。"得势种——优势阶級——由多年生植物組成,它們或多或少巩固地占据着自己的地段,是土壤水分和营养物质的主要消耗者,也是增长有机物质的最主要生产者"(Высоцкий, 1915: 1366)。他进一步把得势种根据植物地下部分的特征划分为生物学类群。"为此,应該区分出少年生植物部分,它們組成混杂种从属阶級"(同上,1373 頁),Г. Н. 維索茨基将混杂种进一步分为二年生植物和一年生植物。

И. К. 帕却斯基(Пачоский, 1917:344)在烏克兰南部草原的 組成中曾經划分出大致同样的"社会类型": "···多年生植物組成 的成分,形成草原植被的或多或少不改变的基础,一年生植物(和 二年生植物)···組成的混杂种,它們的参加只是暫时的,决定于該 时期的条件"。И. К. 帕却斯基把草原中的草丛草原禾草叫做"基 本成分"。

А. Я. 戈尔佳根(Гордягин, 1922:149, 150)會經强調指出植物群落基本成分(优势种)的巨大群落学意义,他称它們为"优势种"(доминант): "組成群落的植物种,通常并不是平等的,这从下列情况可以看出:一个种,或无論如何少数的种,它們在群落中远比其余的种繁殖得多;前一些种因此叫做优势种,而后一些种——从属种(подчиненный)。群落的外形或外貌首先依賴于优势种,而它的种类組成在頗大程度上也依賴于优势种。种类組成多多少少与該群落的特殊气候,它的小气候相联系…其次,群落每年所生产的植物物质的数量和組成也依賴于优势种的性质,动物物质的数量和組成也是一样,因为在不同的植物群落中动物居住者是不一样的"。А. Я. 戈尔佳根把土壤中微生物之間的組成以及数量对比关系也与优势种对群落环境的影响联系起来。

和上面所引述的 A. S. 戈尔佳根著作的同时,出現了蒙彼利埃学派著名的法国植物学家——J. 布瑙-布 朗喀和 J. 巴維阿尔德(Braun-Blanquet, Pavillard, 1922)的《植物社会学辞典》(Vocab-

ulaire de sociologie végétale),在这本辞典中也在"动态发生的行为"(Comportement dynamogénétique)标题下提出群落成分型的系統:1)建群种,或建設种,2)保守种,或保存种,3)团結种,或加固种,4)中立种,5)破坏种。这一按其形式带有社会学性质的分类,作者就不詳細地說明了。

稍后一些, В. Н. 苏卡乔夫 (1928) 和 Г. И. 波布拉夫斯卡婭 (Поплавская, 1924) 根据对烏克兰南部阿斯卡尼亚-諾瓦 (Аскания-Нова) 自然保护区的著名草原植被的研究, 會經制訂出組成植物群落的植物的成分型类型系統¹⁾。

- I. 建群种(Эдификатор)——植物群落(群丛)的創造者,建 設者。
- A. 固有建群种(Автохтонный)——沒有人类和动物的影响下,在天生条件中該生境上群落的建設者为固有建群种,在其它的生境上它們之中的某些可以列入下列类群。
- Б. 消退建群种 (Дегрессивный)——只有在有人类和动物的影响时,植被发生改变的条件下,該生境上的群落建設者才是消退建群种。沒有这种影响时,它們只做为附属种进入群落的組成,这些种在該生境上成为建群种只是暫时的,在消除了人类或动物的影响的情况下它們让位于固有建群种。在另外的生境上,而常常是在另外的气候条件中,这些种可以成为固有建群种。
- Ⅱ. 附属种(Ассектатор)——虽然也参加該群落 (群丛) 的 建設,但对群落內部"植物社会"环境影响很小²)。
- А. 固有附属种(Автохтонный)——进入天生植被組成的植物。
- 1. 喜建群附属种 (Эдификаторофил) —— 乐意地生长在建 群种的稠密植丛之中,并不由于建群种的影响而受害,而有时甚至 需要在这种影响下生长,但在沒有建群种时,常常也能够生存。

¹⁾以后这一造群型系統在B. H. 苏卡乔夫(1928:141—143)的印本中被引用。

換句話說,它很少影响"植物环境"或群落环境的創造(指的是环境条件的生物动态改造)。

- 2. 嫌建群附属种(Эдификаторофоб)——它們避开建群种的 稠密植丛,占据建群种之間的比較开曠的地段,不能忍受建群种的 影响。
- Б. 外来附属种 (Адвентивный)——在正常情况下不是該群丛所固有,由于被人类(狭义的"杂草"植物)、动物或其它媒介順便带来的原始体散布的結果,偶然地掉到群落中。

喜建群附属种和嫌建群附属种可以根据开花时間和高度进一 步划分为若干类群。

刀. Γ. 拉緬斯基(1938: 279, 280)提出植物成分型的有趣的分类。他区分出强力种、忍耐种和占空种,他把"强烈地发育……侵占地面,并把它保持住,以生命活动的能力和充分利用环境資源压迫、抑制竞争者"的植物种归入强力种(виолент 或 силовник)。大多数建群种属于强力种。忍耐种(патиент 或 выносливиц),"在生存竞争中…不是以生命活动和生长的能力取胜,而是以自己对經常的或暫时的,极端的,严酷的条件的忍耐性取胜…在极端的和对它們常常是比較不利的,并且有时是极其多种多样的条件中,忍耐种可以成为优势。該学者引用普通松(Pinus sylvestris.——譯者注)和芦葦(Phragmites communis)做为例子"。占空种(Эксплерент 或 выполняющийвид)"具有非常低的竞争能力,但是它們能够非常迅速地侵占沒有植物的地段,占滿較强植物之間的空隙;它們同样也容易被后者所排挤"。因此,占空种"在竞争微弱的,或多或少是先鋒的条件中"形成优势。一年生和二年生植物以及許多以营养器官移动的多年生植物(根茎植物,根藥植物)属于这类。

Б. А. 貝科夫(1949,1957)也曾經制訂过成分型的分类,他以植物种的生物形态学特征做为划分最小的成分型的基础。М. В. 馬尔科夫(Марков, 1958)也制訂过成分型的分类,他是发展了А. Я. 戈尔佳根的思想,还有其它人的分类。

我們认为,首先必須确定关于植物群落(或植物群丛)中每一个层片的优势(提供最大的植物物质量和通常具有最大的盖度)种的概念,它不依賴于該层片在群落中的作用。这些种最好称之为优

势种[доминант 或得势种(превалид)]。每一个层片的这种优势种的数目也可能多于一个;在这种情况下比較次要的(按照盖度、植物物质的产量等等)优势种可以称为亚优势种[субдоминант 或亚得势种(субпревалид)]。其次,必須特別分出优势(按其形成环境的作用,按照总的植物物质,通常按照总盖度)或建群层片的优势种;这些优势种也应該称为建群种(эдификатор),或植物群落(或群丛)的建設者;这些种也可以多于一个;它們之中比較次要的可以称为亚建群种(субэдификатор)¹。

任何层片的或多或少次要的种,較恰当的名称,如 Γ . V. 波布拉夫斯卡婭和 B. H. 苏卡乔夫所建議的,是附属种(accektatop)。

我們发表过(Лавренко, 1947) 苏联主要地带性 (平原上) 群系的建群种名录; 它們总共約160个。Б. А. 貝科夫(1949) 曾經編制了苏联地带性(平原上) 和垂直带性(山区) 以及比較次要的群系的建群种名录, 共登計了1176种。

关于优势种的問題,特別是关于建群种,也就是在生存斗爭中第一級的胜利者的問題,值得給以很大的注意,并且实质上这是一般生物学的問題。摆在我們面前的任务是查明,为什么在生存斗爭中只有比較有限数量的种成为地球植被的基本建設者²⁾。这要求大量的工作,对这些种进行全面的 比較生态-生物学 分析,并且在分析时考虑到,植物群落,做为适应的系統,是不同植物有机体生存斗爭(按达尔文所理解的)的結果。

¹⁾ B. A. 具科夫(1957)建議把从属层片("阶")的优势种 称为亚 建群种,但这是不合适的,因为相应的层片在群落中常常并不起重 要的作用,也就是 說,不是群落的建設者。М. В. 馬尔科夫(1958)把次要(从属)层片的优势种称为不同級的共优势种(содоминант),从他的观点来說,这是不合邏輯的,因为他是按照 А. Я. 戈尔佳根的意思理解优势种的,也就是相当于建群种,因此,按照他的观点,应該把建群层片的共同占优势的植物种称做共优势种。

²⁾ 大家都知道,在潮湿("多雨")热带森林——希列亚(гилея),在它的乔木层中,很 难确定占优势的乔木树种,因为乔木 树种 是这样的多。显然,在这种情况下, 只能談論建群层片,而不能談到建群种。

所有上述关于植物群落的結构,向我們說明,第一,必須以生态-生物学观点对待植物群落結构要素的研究,第二,必須在时間上,也就是在植物群落的动态中,研究它的結构,甚至不是在一个,而是在許多生长期間去研究。

植物群落的种群結构和层片結构的深入研究,要求对进入被研究植物群落組成的植物种的生物学和生态学的深刻知識。特别是为了分析种群,必須具有植物种从种子萌发到衰老阶段的个体发育过程全部阶段的知識;在这种情况下,为了追溯植物种在它的个体发育过程中从一个层片过渡到另一个层片,必須很好地知道它的地上和地下部分的形态学、生物学和生态学。

为了认識植物群落的层片結构,同样必須仅可能全面地知道 植物种的生物学和生态学,特別是优势种,并且首先是建群种的生 物学和生态学。在这种情况下极其重要的是植物种的种子和营养 繁殖,以及全部形态学和生理学特征的知識,这些知識使我們有可 能解释为什么一个植物种属于这一或那一层片,或同生群。十分 明显,所有这些不仅涉及到組成被研究群落的高等植物,而且也涉 及到其中的低等植物。

虽然,深入认識所有这些規律性,只有在定位工作中才有可能,但是在路綫調查的情况下,也不仅可以搜集关于这些或那些植物群落中种的組成和数量对比关系的有价值的資料,而且可以搜集关于它們的层片結构的有价值的資料。

植物群落生态学

一般概念 B. H. 苏卡乔夫在确定关于生物地理群落,或他較早称之为地理群落 (геоценоз) 的概念的时候,这样地給这一复杂整体的"无生命"部分下定义 (1942:7): "……最好把地理群落的自然地理要素联合成生境 (экотоп) [Г. Н. 維索茨基院士所建議的术語,与动物学家,象 Д. Н. 卡什卡罗夫 (Кашкаров, 1938) 所理解的术語"生境" (биотоп) 意义相同] 概念。生境本身又由

土壤环境 (эдафотоп)¹⁾ (与組成地理群落的部分岩石圈和水圈一起的土壤圈的地段) 和气候环境(климатоп) (組成地理群落的大气圈部分及其要素)²⁾組成"。因此,在"生境" (экотоп) 概念中,包括着生物地理群落无生命(死的)部分的全部物质系統,这一系统具有它自己特有的一切过程,以及与生物地理群落的有生命部分的相互关系。

Л. Г. 拉緬斯基(Раменский, 1925) 很早以前就已經建議过区分"生理上起作用的"物理和化学的"环境状况"和間接地影响植被的"地位环境条件"[或"地位环境" (энтопия)]³)。

他把生境中的下列物理和化学状况列为生理上起作用的环境 状况:大气中的光、热、空气湿度、气体;土壤中的热、水分、土壤空 气(土壤通气性),土壤溶液。正是在生理上起作用的生境状况条 件下,才实現生物地理群落中活的和死的部分之間的物质和能量 的交换。

地位环境条件,或地位环境,包括地形条件 (топологические условие)(地形,成土母质的性质,土壤的机械組成,它的結构,潜

¹⁾ В. Н. 苏卡乔夫称为"эдатоп"。

²⁾ 着重点是我加的——拉甫連柯。

³⁾ Л. Г. 拉緬斯基在他比較后期的著作 "土地的土壤-地植物学綜合 研 究 概 論" (1938:24)中建議区分开下列概念: "地境[местоположение, 地位环境(энтопия)]", "生境(местообитание, экотоп)" 和"生活环境(жизненная среда)"。 Л. Г. 拉緬斯基 (1938:24,25) 給后两个概念下的定义 如下: "生境——这是从它的生态学特性方面来考察的土地个体 (разность земель), 生活环境——具体变体(具体植物群落——拉甫連柯)和栽培状态下土地个体的生态学内容"。我們认为, 遵照 В. Н. 苏卡乔夫, 应該把生物地理群落中大气圈和土壤的全部质体称做生境(экотоп), 这一质体具有它間接地(地位环境)或直接地(生态学的或生理上起作用的状况)影响組成生物地理群落的有机体的全部特性。把地位环境条件(地位环境)的总体称为"地境"是不恰当的,因为"任何一个地点的处所,地理位置"叫做地境(Д. Н. 鳥沙科夫主編的"俄語詳解辞典"卷二, 1938:193)。可以把"местообитание"和"экотоп"看做同义字,但是后者应按上述意义理解。"环境"(среда)通常也是按这种广义理解。"生活环境"目前在我国地植物学文献中通常被称为植物环境(фитосреда)或植物群落环境 (фитоценотическая среда)。

水和地表水,等等),以及一般气候条件(降水,空气的流动,等等)。 周围的其它生物地理群落也属于地位环境,所有这些因素都是間 接地影响植物群落;它們制約着生理上起作用的环境状况¹⁾。

关于生理上起作用的环境状况的概念对于认識植物群落的生态学有非常大的意义。B. P. 威廉斯的关于四个基本生活因素——光、热、养料和水——的不可替代性的著名原理,也正好涉及了生理上起作用的环境的土壤、空气和水状况。

所有已知的一些因素被另一些所替代的例子, 所涉及的不是生理上起作用的状况, 而是地位环境因素(Ярошенко, 1953)。

地植物学家在自己的研究工作中,通常确定着植物群落(它們的組成、层片結构、季节或年际发育的特性)和地位环境或間接作用因素,例如地形、土壤类型、土壤的机械組成、碱化程度、土壤中是否存在这些或那些盐类的分泌物、以及大气降水的数量和季节性等等之間的联系。在季节和年际动态中,研究植物群落和生理上起作用的环境状况之間的比較隐蔽的关系则要少得多。后一情况的一部分原因是,就是土壤学家,也較少在季节动态中研究土壤状况——热状况、空气状况、土壤溶液的組成等等。至于小气候(植物气候)研究,则情况稍好。小气候的研究通常提供关于群落中大气的热状况、水状况(空气湿度)以及輻射状况的概念,这些状况对植物有直接的生理影响。因此,应該指出,土壤学家的生物学方向不仅应該在于考虑做为主要成土因素的活有机体,而且也应該在于把土壤做为植物生存环境来研究。

上述的一切完全不是否定研究植物群落与地位环境因素之間

¹⁾ 著名的生态学家 H. 瓦尔特(Walter, 1951:10) 在分布地点("Standort")的大量"因素"中,从它們对于植物生活的意义出发,同样区分出下列主要因素: 1)热因素或溫度关系; 2)水因素或水分关系; 3)对 CO₂的同化和植物生长有意义的光; 4)不同的化学因素,它們是大气和土壤空气中所含有的 CO₂和 O₂,土壤的营养物质,土壤的反应以及对植物有害的物质; 5)不同的机械因素,它們引起植物个别部分的損失或甚至整个植物体的毁坏,例如象暴风、沙的磨触、雪的融触、雪堆和雪崩的压力、土滑作用、閃电和火烧的破坏、特别是放牧动物和人类机械作用的影响。此外还可以加上动物界所有吃植物的动物的影响。

的关系,特别是从地理观点去研究的科学意义。但是在深入的、定位的地植物学研究的情况下,永远必需力求确定植物群落的季节动态和生理上起作用的环境状况(在植物地圈的整个层中)的季节改变之間的因果联系。必须特别强調在季节和年际动态中的生理上起作用的状况的分层、按层研究的重要性,因为只有这样的研究才能解释,为什么在同一个植物群落中存在不同的生物型以及在它的結构中出现不同的层片。

植物环境(Фитосреда) 在苏联地植物学文献中把占有整个植物地圈厚度的,植物群落的环境叫做植物环境。植物地圈的极其重要的特点是,在它的形成过程中植物群落本身起了巨大的作用;这是生物起源的环境,具有一系列的特性,这些特性从来也不表现在沒有生活有机体的大气圈、水圈和岩石圈的那些部分中。

让我們簡短地談一談植物群落的"內部"环境,或植物环境的特有的特性(Сукачев, 1928; Высоцкий, 1929, 1950; Гейгер, 1931; Braun-Blanquet, 1951; Walter, 1951; Быков, 1957)。

在植物群落中,太阳輻射在很大程度上被改变着。不論 在森林或草本植物群落的植冠下,射入的直射太阳光的数量 要比在其它条件相同的情况下沒有植被的陆地表面少得多。群落中的植物 吸收幷且散射太阳光。散射光或者是被植物的叶子和 茎 所 反 射的,或者是透过叶子的;在这种情况下光的质(光譜組成)有了 改变。

水生植物群落吸收和散射太阳光,也同样对进入水层的 太阳 輻射发生很大的影响。

植物群落中的热状况,比起群落以外来,溫度的波动要較为緩和。例如,在森林中,最高溫度比林外低,而最低溫度比林外高。通常起建群作用的植物群落中最郁閉的层,降低下层的溫度波动。

在植物群落中創造了特殊的空气湿度条件,这种湿度条件不同于在其它条件相同的情况下群落以外所具有的。下列情况可以解释这点: 頗大部分的液体和固体降水被植冠所阻留,并且直接从叶和枝的表面蒸发掉。在这种情况下具有最大密度和存在或多

或少厚树冠的植物的那种层或亚层阻留特别多的降水。在植物枝叶上以液体水滴或雾凇形式凝結的水蒸汽也影响群落中空气的湿度。植物的蒸騰对群落中空气湿度有非常大的影响。由于所有这些影响的結果,年平均相对湿度,例如,在森林中就比在林外稍微高些。在生长期內,最高絕对湿度是在植物群落的最郁 閉 层或亚层中观察到。

植物群落中大气的組成不同于群落外的近地面层大气。这是由于:第一,植物的光合作用和呼吸作用过程,第二,植物分泌出特殊的物质到地面的大气中,包括抑制素(колина)和植物杀菌素(фитонцид)(Grümmer, 1955)在內。由于这个原因,Б. А. 貝科夫(1957)談到关于叶层圈(филлосфера),也就是围繞着植物的叶簇并且为叶子分泌物所飽和的大气层;同样可以談論关于花层圈(антосфера),也就是围繞着植物的花,并且为花的揮发性分泌物所飽和的大气层。正如前面所提到的,所有这些植物向周围大气所分泌的揮发性分泌物,对于它們与其它植物(低等的和高等的),以及与动物的相互关系产生很大的影响。

植物群落对土壤的影响还要更大。Г. Н. 維索茨基(1927 6:1) 曾經写道: "沒有土壤便沒有生命,沒有生命也便沒有土壤"。 这位学者,除了通常意义的,也就是陆地土壤以外,还分出过水的 和空气的。上面我們已經談过按Г. Н. 維索茨基所理解的空气土壤(воздушная почва)。

植物群落直接地和間接地影响土壤。

間接影响主要包括植物气候对土壤的影响,而植物气候,象上面所提到的,在很大程度上是植物群落所創造的。

正如 В. И. 維尔納茨基所曾經写过的,土壤乃是"生物-非生物"体(био-косный тел)。实际上,土壤中植物的全部活的和死的部分都是土壤的組成成分。植物的死亡器官供給土壤有机部分以材料, 真菌和細菌則参加植物残体的分解。腐殖质积累在土壤的上层,但是在某些土壤內,由于淋溶过程的結果,一部分腐殖质轉移到土壤的下层(淀积层),积聚在那里。

植物群落对土壤水分状况有直接的影响,因为頗大一部分水分被植物所利用,然后蒸騰出去。

植物群落以有机化合物丰富土壤的"无生命"部分,这不仅是由于植物地上和地下部分死亡的結果,而且也由于根系的生命活动。植物的地下部分分泌出本身生命活动的这些或那些产物到土壤的气体部分和土壤溶液中。在直接邻近植物根的那些土体部分,这样的分泌物特别的多;在这里形成特殊的根际(pusocфepa),它具有特殊的微生物成分,形成特殊的层片。

因此,植物群落和整个生物群落对生理上起作用的环 境状况的影响,不論在它的地上部分或在它的地下部分,都是 极 其 巨大的。生物地理群落学研究的基本任务之一就是研究它的无生命部分的这种生物起源的变化。

生理上起作用的环境状况 (Физиологически действующий режимы среды)应該永远成为地植物学家在研究植物 群 落 的生存条件时注意的中心。让我們簡短地談一下这些状况,同时 介紹讀者們去参考比較詳細地闡述这些問題的著 作,例如 Г. Н. 維索 茨基(1929,1950)、Л. Г. 拉緬斯基(1938)、Н. 瓦 尔 特 (Walter, 1951)等的著作。

光状况 它的一般特点决定于地方的緯度、海拔高度和一年中的时間。除此以外,地方的光照条件还制約于坡向和坡度,以及光从基质表面的反射,如果基质或多或少裸露的話。象上面已經提到过的,植物群落本身对光状况有非常大的影响。

因此,在研究森林以及部分灌木群落时,測定群落本身內的光 状况和群落成分的耐蔭性程度,具有非常大的意义。

热状况 决定热状况一般特点的那些指标也和决定光状况的一样。位置条件,特别是地形条件和地表湿度条件以及植被本身对热状况同样有非常大的影响,因此在地植物学研究时必須經常考虑到。不論研究大气、或土壤的热状况时,应該特别注意生长期的长度和春、夏、秋三季的温度进程,生长期的长度基本上是由温度条件决定的。在这种情况下,不能只限于根据月平均温度研究

溫度的年进程,也必須考虑按各个年份的月平均溫度的变化。不但如此,还必須考虑到零上的和零下的偶然溫度极限(特別强烈的严寒、春天或秋天的霜冻,以及冬季的强烈解冻或夏季特別酷热的白昼)。考虑热气候的极限变动并不比考虑相应平均值的变动重要性小。例如,在外高加索西部,热气候的平均条件以及湿度条件对于亚热带常綠植物是有利的,但森林中这种植物相当貧乏,这可以拿个別冬季偶然特別低的溫度来解释,在这种低溫的时候,許多引种到这里的亚热带作物(柑桔类、桉树等)都冻死了。因此,不仅考虑寒冷月份(冬季)和凉爽月份(春季和秋季)的平均最低很重要,而且考虑它們的絕对最低也很重要¹⁾。

植物气候的研究,不仅要在生长期間进行,而且也应該在秋季、冬季和早春进行,特別应該在不同生活型的越冬芽分布的地方进行。

大家都知道,瑙基耶尔的生活型系統主要是基于考虑与越冬 和渡过夏季干旱有关系的植物形态学特征(在多年生植物是越冬 芽对于地面的位置)。

湿度状况 也象溫度状况一样,植物地圈中(也就是大气圈的植应部分中和土壤中)的湿度状况在植物群落的生活中具有同样巨大的意义。正是这两种状况的一般特点制約着植被在地球陆地表面配置的基本特点(也就是植物地理地区、地带、省),以及植物群落发育中的季节現象。与地形条件、成土母质和土壤相联系的温度和湿度状况的地方变体,乃是在一定自然州或小区范围內属于不同群丛的各个植物群落現地分布的原因。

大陆湿度状况的最一般的特点,在大的植物地理空間单位——地区(область)、地带(зона)、省(провинция)——的境界内决定于水分平衡;而水分平衡由它的收入和支出两部分組成,收入部分是降落的大气降水和凝結水;支出部分是下垫面(土壤和内

通常在編制气候图时采用不同种类的平均指标(例如,月平均溫度,月平均降水量等等)。但是在植物气候的定位研究的情况下,編制詳細的溫度和降水曲模图,并在其上标出相应的具体(某一期限的)标志有很大的意义。

陆水体)的蒸发和植物的蒸腾。地球上降水在一年中各季节的数量和分配依賴于大气环流的一般規律。同时地球上降水的总数量(即年平均降水总量)的分布具有以最广泛意义理解的地带性质,虽然,远不如类似的温度分布那样表現得明显。此外,这种降水的分布最密切地联系地方在大陆上的位置以及山嶽地形的性质。

然而,具体植物群落以及它們的类型学联合——群丛的湿度 条件依賴于許多地方性的間接作用因素,地形条件、土壤、植被本身,等等,这些因素影响着地表和地下逕流、蒸发和蒸騰。

植物群落中大气的湿潤状况基本上受下列因素的調节:即降水量¹⁾、土壤表面和植物茎叶表面的蒸发、以及由土壤进入植物体内的植物的水分蒸騰。蒸騰和蒸发本身又依賴于溫度、空气的运动,等等。

土壤中的湿度条件非常复杂。它們依賴于許多因素;土壤水分的来源是大气降水,而在許多情况下是地表坡积水和冲积水,或接近于地表的潜水,或土壤中的凝結水;土壤水分的动态也制約于土內和地表蒸发,植物和微生物对水分的消耗;土壤內水分的运动与土壤的机械組成和顆粒組成(гранулометрический состав)相联系,这两种組成通常又随土壤的发生层次而改变。因此,土壤的水分特性,也象許多其它性质一样,表現出一定的分层現象。

由 Г. Н. 維索茨基(1927 6, 1928)所制定的、并为現代的卓越土壤水分专家 А. А. 罗德(Роде, 1955)所采用的土壤水分状况类型,对于了解土壤湿度的生态学有很大的意义。Г. Н. 維索茨基区分出四种土壤水分状况类型: 1)淋洗型(промывной, пермацидный тип), 在这种淋洗型的情况下,整个土壤-土质层每年都被湿透直到潜水; 2) 非淋洗型 (непромываемый, импермацидный тип), 它的特点是沒有穿透土壤-土质的淋湿; 大气降水的水分淋湿土壤-土质层的厚度从几十厘米到几米; 在被大气降水淋湿的土壤和底土层的下部界限与通常埋藏很深的潜水毛管边緣(капилл-

¹⁾除了雨以外,雾和露在大气湿度状况的形成中也起着显著的作用。

ярная кайма)的上部界限之間,有一厚度从几十米到許多米、湿度极小、接近于凋萎湿度的层,——按照Г. Н. 維索茨基的所謂"干旱死层"(мертвый горизонт иссушения);3)渗出型(выпотный, эксудационный тип),当有潜水从較高地方的下面流出,依靠潜水的毛管上升,也使土壤获得水分时,观察到这种渗出型;4)滞积水型(водозастойный, перстагнационный тип),見于广闊的內流或弱流(слабосточная)的、或多或少沼泽化的平原,在这种情况下接近于地表的潜水几乎沒有水平方向的流动。

大气中和土壤中的湿度状况在大多数情况下是很容易变动的,并且无論是在一年之內或許多年間,都或多或少在变动着。

刀. Γ. 拉緬斯基(1938) 区分出下列依生长期間湿度的变动性和保証性为轉移的生境基本类型: 1)湿度高度均衡的生境, 2)湿度相对均衡的生境,3)湿度保証不定的生境,4)湿度变动緩和和不强烈的生境,5)湿度强烈变动的生境。6)湿度极强烈变动的生境。

此外, Л. Г. 拉緬斯基 (1938:116) 建議把湿度的稳定性和不稳定性"理解为水分状况波动的振幅或水分状况的变动性,但已經不是按季,而是按年的变动"。这种波动可以达到很大的范围,特別是在大陆性区域,例如森林草原和草原。

氾濫 (春季或早夏) 水在河漫滩地造成了非常特殊的 湿度状况。泛水性对植被的影响首先表現在縮短生长期,因为河漫滩上的植物主要是在泛水退后或强烈变浅(在低地)后才能发育。河漫滩中湿度的变动性也与泛水性相联系,因为水退后在河漫滩土壤中造成了很高的湿度,在河漫滩較高的地段上,有时也在低地中,这种高湿度到夏末就减低;在地形的高起处甚至可以出現土壤水分的枯竭。河漫滩中这种湿度的季节变动性在河漫滩的近河床部分,由于河流的排水作用,表現得最为强烈,而在离河較远的近阶地或近陆地的河漫滩部分就表現得比較不明显。

Π. Γ. 拉緬斯基 (1938;122) 建議在河漫滩的生境中区分"三个等級的泛水性"; 1) 短期泛水的生境,它不定期地被泛滥水淹没, 并且淹没的时間不超过 10—15 天; 2) 中期和长期泛水的生境,

定期地被泛滥水淹沒,时間約15—40天;3)特长期泛水的生境,淹沒达1.5—2个月,水退去很晚——在六月下半月或七月,这里通常沒有木本植被发育。

或多或少显著表現的湿度变动,以及这种变动在土壤和底土的不同层次的不同状况,引起 Л. Г. 拉緬斯基 (1938:118) 称之为 "按照湿度的生态学結合性" (экологическая совмещенность по увлажнению) 的現象,也就是适应于在或多或少不同的湿度状况条件下发育的植物在同一个群落中的共处¹⁾。

这位学者把按照湿度的生态学結合性划分为下列类型。

- 1. 生态上不同的植物 (按照对于湿度状况而言) 的季节或季相結合性,在湿度或多或少显著变动的情况下,例如在河流的河漫滩中观察到。这种季节結合性在苏联南方荒漠中非常明显地表现出来,那里春季在适宜的湿度条件中,大量地发育着中生的类短命植物和短命植物,而在干旱的夏季时期,则发育着荒漠旱生植物,例如 Seriphidium 亚属的蒿类。
- 2. 不同喜湿种的不同年份的結合性,这种結合性与各年間湿度状况的波动相联系,在草原洼地和积水洼地(лиман)中很好地表現出来,例子在前面有一章中已經列举过了。这一生态学結合性的类型也是苏联北方荒漠的特征,在那里,短命植物和类短命植物只在具有大量春季降水的年份才或多或少丰富地发育。
- 3. 层的結合性,即在同一个群落中結合着利用上层滯水或甚至潜水的深根种类[例如芨芨草 (Lasiagrostis splendens), 芦葦 (Phragmites communis)],和只依靠从大气降水获得水分的具有比較表层根系的种类(例如,常常与芨芨草或甚至与矮生芦葦生长在一起的草原草丛禾草——羊茅、針茅)。
 - 4. 鑲嵌結合性2),在鑲嵌群落中观察到,在这种情况下,例

¹⁾正如上面已經提到过的,几乎所有的植物群落的共同特征是植物的多种多样的生态-生物学类型的結合,这一現象与生理上起作用的环境状况的层化现象((стратификация)以及它們的季节和年际变异性相联系。

²⁾ Л. Γ. 拉緬斯基(1938:118)将这一类型的結合性称为"小或微复合体結合性"。

如,在小高地上(小草丘或小圓丘)生长着比邻近小低地的植物喜湿性較小的种类,等等。

在水体中,特別在或多或少較深的水体中,湿度状况通常是恒 定的;在湿度状况强烈变异的情况下,在相应植物群落的組成中两 棲种类便占优势。

通气状况 也就是土壤中,暫时或永久水体的水中,对于呼吸所必需的氧的飽和程度,它同样也是强烈地改变的。土壤中水分越多,或者土壤中或水体中的水流动性越小,这样的基质的通气性就越低。

在沼泽以及某些其它土壤的表面和內部存在停滯 水 的 情 况下,产生脱氧过程,导致形成土壤和底土的潜育层,这就使得在这种土壤里的根系的呼吸过程更加困难。

在河漫滩中,当有丰富和流动的泛滥水时,后者的通气性通常 是很高的。在氾滥水退却之后,当永久河床之外的水流减慢或甚 至完全停止时,特别在閉塞的低地范围內,水中氧的含量强烈减 少,由于这个原因在被这种半流动或死水淹沒的土壤內,也可能开 始暫时的脫氧过程。

土壤中的营养物质状况 与土壤中这些物质的丰富程度相联系。通常区分出两种概念:关于土壤的有效肥力或明显肥力(активное 或 явное богатство) 的概念和关于潜在肥力或隐藏肥力 (потенциальное 或 скрытое богатство)的概念。

土壤的有效或明显肥力乃是土壤总肥力中由植物土壤营养基本元素(N, P, S, K, Ca, Mg)組成的那一部分,这一部分由活动的能为植物利用的化合物形成。

潜在或隐藏土壤肥力被理解为土壤总肥力中在它目前状态下不能被植物利用,但借助于土壤改良或农业技术措施使土壤經过适当的改变时,可以被植物利用的那一部分。土壤的有效肥力和潜在肥力的总数組成植物所必需的营养物质的总肥力。

不同土类和土种的有效肥力差别很大,这对相应植物群落的 組成和結构有很大的影响。 为了查明土壤的有效肥力以及在其中可以被植物利用的各种营养物质的比率,当然,必須进行从土壤的全部根分布层所采取的土样的相应分析。在这种情况下必須注意到,土壤不同层次中的营养物质不論在一年中的各个季节或不同年份之間經受着一定的变化。

土壤中被植物所吸收的物质的动态依賴于一系列因素:溫度、 湿度、植物对这些物质的需要,植物残体的分解过程(在其中微生 物过程起着基本的作用),等等。

存在一系列的土壤外部特征,这些外部特征可以提供关于土壤有效肥力和潜在肥力的某些一般概念:土壤中有机残体的性质(低位泥炭的存在說明潜在肥力,而柔軟腐殖质——說明土壤的有效肥力),机械組成(砂质土——永远是貧瘠的,壤质土——通常是肥沃的),等等。許多植物群落和个别的植物是土壤有效肥力和潜在肥力的很好的指示体(индикатор)。例如,松林通常指示貧瘠的土壤(在砂土上、花崗岩上等等),相反,橡树林指示肥沃的土壤。存在特殊的喜氮群落,等等。

某些微量元素(B, Mn, Gu 等)对植物的生活也有重要的意义,它們以容易被植物利用的形式存在于土壤中,通常为量极少。

土壤中易溶性盐类的状况 与土壤盐漬性現象相联系,也就是与这些或那些土层中所含有的易溶盐类——碱金属和碱土金属的氯化物和硫酸盐相联系。盐漬性对植物有两方面的,并且一般 說来是有害的影响: 1) 减低根对水分的吸收,这与或多或少被易溶盐类飽和的土壤溶液的渗透压提高相联系; 2)对植物有毒害作用; 这种毒害的程度依賴于土壤溶液中易溶盐类离子的組成和对比关系。

盐漬土壤主要分布于半干旱和干旱地区,以及海和盐湖的沿 岸。

易溶盐类具有很大的移动性。春天,由于湿度大和蒸发小,或 多或少盐漬化土壤中的盐溶液便变稀薄,而在夏天,由于土壤湿度 的减低和土壤蒸发的加强,相反地,盐溶液就变得較浓縮。春天在存在下降水流的情况下盐漬化土壤甚至可能从表层发生 脱盐 作用,而夏天和秋天,盐分通常沿毛細管上升到土表。植被也影响土壤中易溶盐类浓度的增加,因为植物消耗水分于蒸騰作用上。大家知道,相应指示体——盐生植物和特殊的盐生群落的存在与盐漬化土壤相联系。

由于篇幅所限,不能容許我們談到不同因素对植物群落的机械影响;这样的因素是非常多种多样的。暴风、雪和砂的磨蝕,雪和雪崩的压力、土壤(特別是石质土)对植物根生长的阻力,植物被吃植物的动物的啃食、人类劳动工具的影响,等等。

地位环境条件 它間接地影响着植被,也就是在这种或那种程度上創造上面簡述过的生理上起作用的环境状况 [生境 (эко-топ)]。地位环境条件是非常多种多样的。老实說,地位环境条件也就是通常所說的植被生存的"自然地理条件",即,大气环流、地方的地质构造、地形、地方的水文、风化壳、土壤和底土的顆粒組成、机械組成和矿物組成,等等。对土壤有影响的动物活动以及人类的經济活动应該列入一般地位环境条件的組成之中。

在植被的路綫調查时,地植物学家通常也确定植物群落(更确切地說,它們的类型——群丛)和上面所列举的地位环境条件或一般地理条件之間的联系。只有在半定位,特别是定位研究时,地植物学家才可能自己、或更常是同其他专家(气候学家、土壤学家、动物学家以及植物生态学家)一起协作,研究生理上起作用的环境状况以及在植物群落成分中进行的相应的生活过程,在选择这些成分时,应以它們在植被中所起的作用为标准。

地植物学家在研究这一或那一地域的植被时,应該熟悉他所 感兴趣的区域的一般气候条件。这些条件是大气环流和下垫面对 它的影响的結果,表現为降水、溫度、风力和风向、蒸发等等的数量 指标。

任何单个的气候指标不可能充分地說明为了地植物学目的的 "一般气候"的特征。就象上面曾經提及过的,必須获得关于基本 气象要素(即使是月平均降水量和月平均溫度也好)的季节动态,以及关于寒冷(冬季)各月期間平均最低溫度和关于絕对最低溫度的概念。如果地植物学家获得关于連續若干年(10—30)的降水和溫度的月进程,以及关于这些年期間的絕对年最低(абсолютный годовый минимум)和关于春秋各月的絕对月最低(абсолютный месячный минимум),那就更好。

为了清楚和便于比較,所有这些气候指标最好做成气候图解 (климадиграмма)的形式,在图上划分出湿潤的、半干旱的和干旱 的时期(Walter, 1955)。

地方的地质构造以及它的地质历史的知識对于地植物学家在各方面都很重要。首先,它提供关于被研究区域植被的可能的或实际的(如果拥有当地的古植物学証据的話)历史概念的一般輪廓。第二,地形的发生通常联系着地方的地质构造。第三,岩石的地层和地形一起,决定着地下(潜)水存在于这些或那些高度上。第四,地方的地质构造决定着成土母质的组成。

在地植物研究时非常重要的是考虑被研究地域的地形。这些或那些地质岩层在地表的露头,以及上层滞水和潜水的存在和在地表的渗出与地形的这些或那些形态相联系。地形对地表水的重新分配、对小气候也都有巨大的影响。由于这个原因,不論土被和植被最紧密地(虽然也是間接地)与地形的不同形态——大、中、小和微地形——相联系。

地貌学从事地形发生的研究。地貌学和第四紀地质学的資料对于地植物学家是特別有意义的,因为它使我們有可能,即使是部分地,追溯出地质历史上最近时段的該地方的自然地理条件。

研究現代的地质过程对于地植物学家也很重要。現代地质过程导致地形的改造和形成現代地质沉积物,水蝕的、风蝕(风成)的、坡积和冲积物的現代堆积,等等。

不仅在森林中和灌木中,而且在草甸、草原以及甚至荒漠中, 或多或少郁閉的(即使在土壤中)植被很好地抵抗着水的冲刷作 用。但是,植被的粘結性*遭到破坏时,特別是它的地下部分受到破坏时,就开始侵蝕过程。只有在山区,在山坡很陡的条件下,以及在稀有的傾盆大雨时,在具有最稀疏植被或完全沒有植被的荒漠中,侵蝕过程才带有原生的性质。絕大部分的現代侵蝕过程具有次生的性质,并且与人类的經济活动相联系。

原生的风积过程对植被的生活起了显著的作用,这主要也是表現在荒漠区。在这里,在或多或少稀疏的植被条件下,促使粉质土壤从地表分散的各种因素,如有蹄类畜群(例如,高鼻羚羊、瞪羊¹⁾),掘土嚙齿动物,某些土壤过程(例如,在土壤表层形成結晶盐类,等等),都促进粉粒的被风吹蝕,一部分的粉粒堆积在吹蝕地附近的半灌木[例如,落叶松叶猪毛菜(Salsola laricifolia)]株丛下,一部分可以被带至很远的距离。在最不相同的自然区域,从北极直到荒漠地区(地带),沿河岸的年青沙质冲积物和沿海岸的年青沙质沉积物也都可能經受原生的风的改造作用。在这样的沙地上通常观察到从先鋒阶段开始的各种不同的沙地植物丛生阶段。

在苏联,大部分現代风力过程,包括在沙地,甚至在荒漠地区(在卡拉庫姆和基茲尔庫姆)的在內,都带有次生的性质,并且与砂质土地利用的不合理形式,主要与砂质土和粉质土的过渡放牧牲畜或开垦相联系。

在河流的河漫滩上,冲积物的沉积过程在植物的生活中起很大的作用,而在山坡,特别在亚干旱(субаридный)和干旱条件下,——坡积沉积过程起很大的作用。可惜到目前为止,在不同坡积沉积物的形成和植被之間的相互关系仍然研究得很不够。河漫滩中淤泥层对植被的影响則研究得較好。

考虑与其它因素一起形成生理上起作用的湿度状况的一般 水文条件,对于地植物学家也同样是必要的。在这种情况下,必须

^{*} 原文是 связность,意指土壤被植被所固着,因而不致被冲刷掉的現象。——譯 者注

^{1) 1967} 年干旱的春季(四月底)我們有机会在別特巴克-达拉北方荒漠(哈薩克共和国)看到甚至数量不多的高鼻羚羊畜群,当它們很快地在相当稠密的落叶松叶猪毛菜群落(Salsoleta laricifoliae)中間走过时,踏起了一片尘雾。

注意地表逕流和地下水(上层滯水、潜水),以及它們的各季和各年 动态。

上面簡短地叙述过的,生理上起作用的一系列状况与风化壳,特别是与它的上层生物起源的部分——土壤相联系。然而,在大多数情况下做为土壤母质的风化壳的某些特性,以及土壤本身的特性,对于植物沒有直接的生理影响,但在創造生理上起作用的状况中起着这种或那种作用。矿物組成、机械組成和顆粒組成、垒結和結构、这种或那种盐类分泌物的存在等等属于这一类。

吃植物的动物对于植物的影响带有直接的(生理的)性质,但是动物对土壤的影响,当然,必须列入地位环境因素的一組。大群的动物对土壤发生影响;这首先涉及到掘土动物——嚙齿类、某些食肉的哺乳动物、大量的昆虫、蠕虫动物。所有这些动物疏松土壤,促进結构的形成,以自己的排泄物向土壤施肥,因而提高土壤的肥沃性,等等。应該提到,某些草原掘土嚙齿动物,成群地生活和大量地繁殖(例如,田鼠),在它們数量最大增高的年份,会在巨大的面积(有时在几百公里的距离)上毁坏草原植被,并以自己的无数洞穴而使土壤表面疏松;因此产生动物成因的熟荒地,这种熟荒地以后經受着象人类起源的熟荒地和撩荒地那样的演替。

人类的經济活动在目前不仅是根本改变植物地圈,而且也是 根本改变整个生物圈的最强大的因素之一。作为有机体的人类对 自然界的影响是极其有限的,但他借助于劳动工具对生物圈的間 接影响則是巨大的。

森林中和草原上的火灾很早以来就是由人类所引起的;在目前,而在許多区域几千年以来,食草家畜在植被生活中所起的作用,比起野生食草哺乳动物,要大得不可比拟。但是植物地圈中特別大的改变是人类借助于他所創造的劳动工具而实现的。这些工具之中的某些并不摧毁整个自然植被,但对植被发生机械的影响,以致在許多情况下非常强烈地影响植物,并引起植物群落的改造;这主要是各种割草工具,以及放牧場和割草場的田間管理机器(松土机类型),等等。在广闊的地域上,人类借助于使用各种耕作土

壞的工具,将自然植被完全破坏,幷代之以人工——栽培植被。人 类借助于一系列的机器以及施肥,影响植被的生存条件,力求归根 結柢改变生理上起作用的环境状况,使它向有利于自然或半自然 植物群落中对人类有用的那些成分的方面发展。

把生境因素划分为直接作用的和間接作用的,在一定程度上是有条件的。許多直接作用因素,例如热,对植被不仅发生直接的影响,而且也发生很大的間接影响,影响在大气中和土壤內发生的許多过程。但是这样的划分在方法論方面是重要的,因为它促使研究者力求找出植物群落中植物生活的生态学"始因"(первопричина),以及在全部联系中和"間接表現"(опосредствование)中认識植物群落学現象。

植物群落的指示特性 (индикаторное свойство растительных сообществ) 可以广泛地被用于近似地确定生境条件: 不論生理上起作用的状况,或是地位环境条件。

許多自然地理学家和气候学家利用植被的特征来說明、确定 地球陆地的基本自然地理地区或气候区(地带),并为它們命名。 植被的基本类型(冻原、泰加林、草原、热带稀树草原、希列亚,等 等)被解說成大气候基本类型的指示体。

然而植物群丛或具体的植物群落也可以利用来或多或少全面 地說明各个地境的生境条件的特征。根据这些或那些植物群落的 組成、种間数量对比关系、层片結构、发育的季节性可以十分准确 地确定生理上起作用的状况:光照条件和近地面层大气的湿度条 件、湿度条件、土壤的通气性、有效肥力、盐漬性,等等;同时在許多 情况下可以有根据地判断这些状况中的某些,例如土壤湿度和盐 漬性等等的季节性。同样的植物群落学指标也可以用来确定地位 环境条件的整个复合体:土壤的机械組成、它的灰化、潜育化、泥 炭化、碱化、碳酸盐化的程度、成土母质的岩性、基质移动性的程度 (在砂、岩屑錐上)、表层湿度的性质、上层滞水或潜水接近土壤表 面的程度、上层滞水或潜水的淡性或盐漬性,等等。

因此应該指出,在或多或少还保存着自然(通常在这种或那种

程度上被人类經济活动改变过)植被的那些区域,植被广泛地被用作土壤或甚至地质条件的指示体。在这种区域进行航空测量时,正是植被把地形条件(特別是中和小地形)、地方的地质构造以及土被标記在照片上。

不論苏联或外国的地植物学家很早就已对植物群落的指示特性感觉兴趣。在苏联,对于把植被做为生理上起作用的状况的标志来研究, Л. Г. 拉緬斯基 (1938; Раменский, Цаценкин 等人,1956) 曾經做了許多工作。在目前,把植被作为地质和水文地质条件的标志来研究在我国获得广泛的发展(Викторов, 1955; 地质研究时的地植物学方法,1955)。外国地植物学家在植物群落的指示特性的研究工作上同样也做出許多供献(Glements, 1928; Ellenberg, 1952; 以及其他許多人)。

Л. Г. 拉緬斯基(1938)根据植物群落的研究,曾經制定了植物对于湿度、对于河漫滩中泛水淹沒(泛水忍耐性梯級表)、对于土壤的有效肥力和盐漬性等等的关系的詳細生态学梯級表 (экологическая шкала),这位学者力求詳細地划分相应的生态学級(экологическая ступена);例如,如果說泛水忍耐性等級只有5級的話,那么,植物对土壤有效肥力和盐漬性的关系的等級就有30个級,而在草原带和森林草原条件下植物对湿度关系的等級就有90級,这90級联合成8个湿度網(класс)。在这种情况下 Л. Г. 拉緬斯基在这样的"級"中給每一个植物种指出对該生态因素关系的幅度(从一到);在最后两个梯級表(指对土壤有效肥力和盐漬性关系的两个梯級表——譯者)中他分別地为每一植物种的五个"多度"(更确切地說是投影盖度)等級之中的每一个指出这种幅度,从最大("形成背景")多度开始到稀散的、个别的植株为止。

在与 I/. A. 察村金 (Цаценкин) 等人共同发表的 Л. Γ. 拉緬斯基的較晚著作(1956) 中制定了最詳細的生态学梯級表。在这一著作中以表的形式附录了广泛的植物名录,并按照所采用的梯級表列举出它們的生态学适应性的資料:1)湿度(为所有种),2)土壤的肥力和盐漬性(为大部分的种),3)放牧的退化(以下都是为部分

的种),4)湿度的变动性以及 5)冲积性;同时,考虑到按五級制的"多度",对于每一个种列举了相应的生态学指标。湿度梯級表采用 120 級¹¹,土壤肥力和盐漬性梯級表保持同样的級数,而在較早的著作中是 30 級,放牧退化梯級表采用 10 級,湿度变动性梯級表——20 級,冲积性梯級表——10 級。应該指出这些表中的两个基本缺点: 1)大多数梯級表的过度細碎,特别是土壤肥力和盐漬性以及湿度的梯級表(后者由 120 級組成); 2)种的生态学鑑定的地理普遍性,这种普遍性指的是在苏联范围内相应种的全部分布区。A. A. 尼村科(Ниценко, 1957)根据他亲自在苏联欧洲部分西北部的观察,已經指出过 Л. Г. 拉緬斯基, И. A. 察村金等人的上述著作中某些种生态学鑑定的错誤。

不論在苏联或在外国,关于森林中草本植物(小灌木-草本)层和蘚类-地衣层的指示特性森林学家曾經做过許多研究。Д. В.伏罗布約夫(Воробьев, 1953)曾經发表过苏联欧洲部分森林中森林植物条件的指示植物的汇著。

必須注意到,編制生态学梯級表的工作由于許多情况而变得复杂化,其中最主要的是:1)植物在生境方面的分布不是依賴于一个,而是依賴于一系列同时影响植物的生态因素(生理上起作用的状况);2)大多数这些因素不是在一年期間或甚至在一个生长期間保持不变,而是以清楚表現的季节和年际动态为特征,并且这种动态常常非常明显;3)植物种在它的分布区的范围内表现出变异性,也包括对生态因素的关系在内;通常种的分布区越大,这种变异性也越大;4)植物原始体状况和植物群落的組成状况,换句話說,也就是植物群落中种間相互关系,也同样影响种在生境中的分布;在許多情况下,在这些或那些植物群落中該植物种不出现,并不是因为生态条件对它不适合,而是因为,相应的生态小生境已經被具有相近生态学的其它种所占据,或者是,群落中存在的这个或那个种对該种有有害的影响。

¹⁾ 这里显明地表現出对虛构的指示"准确性"的迷恋。

- T. A. 拉波特諾夫(1958)已經分析了編制生态学梯級表的方 法的許多問題。在这方面,基本的方法要求如下:
- 1) 为編制生态学梯級表用的基本植物群落 学 材料——样地 的記載,必須按統一的方法搜集;特別是涉及到植物种数量对比关 系的統計方法;
- 2) 样地的生态条件(湿度、土壤有效肥力和盐漬性等等)不应該用眼睛来确定,而应該尽可能用使我們能够确定相应条件的数量指标的精确方法进行研究;
 - 3) 在生态学梯級表中不应該有許多生态因素級別(級);
- 4) 生态学梯級表应該为各个自然区域制定,而不应該为广大地域制定;在后一情况下生态学指标将会模糊和不确定。

植物群落-生境系統中物质和能量的交換 在最近吸引着地植物学家們的注意。

例如,B. H. 苏卡乔夫(1957:16)认为,植物群落的特有性质不仅是"組成群落的植物之間的一定的相互作用,以及由此产生的做为整体的植物群落与环境之間的相互作用的特殊性质",而且是"物质和能量轉化的特殊性质,这种轉化归結为物质和能量积累的特殊机制,以及它們的部分释放"。他把"这个物质和能量的积累、轉化以及不論植物群落內部或植物群落以外(也就是与其它的植物群落)高等和低等植物之間物质和能量的交換的极其复杂的和多形式的过程"叫做植物群落学过程(фитоценотический процесс)。同时 B. H. 苏卡乔夫(1957:23)认为,必须"不仅把物质和能量的积累和轉化过程做为植物群落学过程考虑,而且也把它做为全部生物地理群落成分所实現的,并且包括物质和能量的积累的过程,以及与其它生物地理群落的物质和能量的轉化和交换的全部过程考虑"。这个过程,B. H. 苏卡乔夫称为生物地理群落学过程(биогеоценотический процесс)。

生物地理群落学过程的某些重要的方面我們正在研究着。特別关于土壤中的水分和植物以及整个植物群落——森林的(Л. А. Иванов, А. А. Молчанов 等人的工作), 荒漠的 (И. Н. Бейде-

ман, И. М. Васильев, С. И. Кокина, В. М. Свешникова 等人的工作)等等的水分經济之間的平衡关系的研究已經做了許多工作。关于在不同植物地理地带和垂直带中光合作用的生态学也在进行着研究 (О. В. Заленский 及其助手們的工作),等等。类似的工作也在国外进行着。

关于这方面,W. D. 比灵斯 (Billings, 1957) 在他的关于植物生态生理学工作的概述中,发表了一系列有趣的思想。他写道,自然界中的有机体是生态系(ЭКОСИСТЕМ)的一部分,关于生态系的概念是 A. G. 坦斯黎 (Tansley) 引入到科学中的;这一概念实质上与 B. H. 苏卡乔夫所提出的"生物地理群落"概念相符合。比灵斯写道,应該尝試闡明,是什么迫使这一整个系統工作着。"生态系的生理学"应该研究这个問題。生物群落和整个生态系的基础乃是它們的一部分成分(綠色植物)借助于光合作用,把太阳能引进到这个系統中来。这种能經过群落的营养鏈,在每一个营养級上呼吸时失去一部分。如果想要了解系統的总"經济",就必須知道,生物物质 (биомасс) 的产量和在每一个营养級上通过呼吸所失去的等于多少。对于生态系的基本成分——綠色植物,也就是对于植物群落,——这在于測量自然群落中的光合作用和呼吸作用,并考虑到光、温度、营养物质的供应以及其它环境因素的影响。因此,比灵斯强調必須以生理学观点对待自然生态系生产率的研究。

簡单談談关于研究植物群**落**-生境系統中物质和能量交 換 的 必須前提。

第一个这样的条件乃是充分精确地(測定数量指标)认識生理 上起作用的状况,首先是光、热、水和营养物质状况。同时必须注 意被研究植物群落的生境的整个分层剖面,从接近最高植物植冠 的大气层起,到植物的个别小根还能达到的最深土壤-土质层止。 除此以外,不应該偶然式地,而应該在季节的,甚至年际的动态中 去研究生理上起作用的状况。

第二个这样的条件是比較全面地研究生理机能,即光合作用、 呼吸作用、水的吸收作用和蒸騰作用、矿质营养,如果不能研究所 有的植物种, 那么即使研究該植物群落的全部或多或少表現的层 片中的优势植物种也好, 并且也要在这些过程的季节和年际动态 中研究它們。

非常重要的是研究建群种的基本生理过程。对生长在同一个植物群落中,但属于不同的生活型,也就是說属于不同的层片,因而在群落中占据着不同生态小生境的植物种,进行比較生理学的分析,也有很大的意义。考虑到植物群落中物质和能量的积累和轉化过程,对植物群落成分的生理过程进行平衡的研究,无論对于植物群落学目的或对于生物地理群落学目的,尤其有特别大的意义。

十分明显,只有抱着一定的目的——研究植物群落-生境系統 生境中物质和能量的积累和轉化的协同工作的专家集体,才有可 能全部完成这一广泛的大綱。

生长地(生境)条件的类型学 对于地植物学目的有很大的意 义。

在划分生长地条件类型时,植物群落,也意味着与之相联系的植物环境,并不被注意到。然而以緩慢速度在植被(更确切地說是生物群落)影响下产生的,可逆或不可逆的生境的重大改变,在估計生长地条件类型时就被考虑。

生境类型学应該仅可能根据对生理上起作用的环境状况的估計。但是由于后者研究得比較差,通常在这种情况下不得不依靠 对地位环境因素的估計,力求生态地解释它們。

Л. Г. 拉緬斯基引入科学中的"土地类型" (тип земель) 概念 非常接近于 "生长地条件类型"概念。"不論是土地类型或土地个体(小类型)都是地域的景观单位(перспективная единица), 反映地域的与气候、地形、岩石、一般土壤类型和一般水交条件(潜水、潴集、水、泛滥水)相联系的比較稳定的生态学特性"(Раменский, 1938:20,21)。按照这位学者的說法,土地类型的价值在于,它使我們有可能概括地确定"耕地-割草場-牧場-森林能力"(пахото-сенокосо-пастбище-лесо-способность) 以及对于栽种一定作物的适宜性,也就是說提供判断这一或那一地域的远景的可能。"每

一个类型应該研究它的全部改造体和变型,这种改造体和变型是制約于自然因素以及特別是栽培因素的。一个土地类型的变型的基本特征是它們的暫时性质,它們彼此轉变以及恢复到接近于初始状态[根本变型(коренная модификация)]的能力(Раменский, 1938:21)。

关于森林土地类型学問題,E. В. 阿列克謝也夫-П. С. 波格列布湼克学派的烏克兰林学家在这方面做了 許 多 研 究 (Погре-бняк,1929)。 Д. В. 伏罗布約夫(1953)曾經发表过在"森林地段"的生态类型学基础上确定的,关于苏联欧洲部分森林类型的汇编。这些森林地植物学家根据对土壤肥力(泥炭含量)和湿度的考虑建立自己的森林地段(森林土地)的类型学。他們主要是根据間接指标确定土壤的这些生态学性质,这些間接指标如下: 土壤肥力組——根据土壤的机械組成,而湿度組——根据一系列地位环境指标和植物指示指标。在土壤肥力組之中他們区分出松林(бор)、混交松林(суборь)、混交櫟林(сугрудок)和櫟林(груды),而在湿度組之中——干燥、稍湿、湿潤、潮湿、过湿等森林地段类型。其結果获得了由 20 个基本森林地段类型組成的网格表(сетка)。除了

森林地段类型之外,学者們还区分出林型(тип леса)以及 林木型 (тип древостоя)¹⁾。

应該指出,生长地条件类型学应該首先在自然区域范围內制定,例如在植物地理省的亚地带截段水平上制定。

植物群落的演替*

植物群落的动态 (Динамика растительных сообществ) "植物群落的动态" 这一概念是非常广泛的,它包括植物群落生活的不同方面。例如 В. Н. 苏卡乔夫 (1942:5) 建議区分下列植被动态的型式:

- A. 植物群落的动态。
- 1. 由于建群种的个体发育而发生的植物群落的改变。
- 2. 植物群落的天然更新过程。
- 3. 植物群落季相的季节更替。
- 4. 植物群落的年际更替2)。
- B. 植被的动态(演替)。
 - 1. 群落发生演替。
 - 2. 內因生态演替。
- 3. 外因生态演替3)。
- B. 植物群丛以及其它植物群落学分类单位的 群落 系統发生 (филоценогенез)。

植物群落动态的研究,也就是更新过程的研究,群落的季节和年际变化的研究,决不能象某些研究者,例如划分"群落形态学"和

^{*} 以后,象在我国文献中通常所采用的那样,我們把"сукцессия"和"смена"两个术語看做同义語。

¹⁾ Д. В. 伏罗布約夫(1953:19) 写道: "森林地段类型,或土壤环境(生境类型,生长地条件类型)联合气候上、地理上、分布区发生上 (ареогенетически) 彼此替代的,按土壤肥力相似的林型"。

²⁾ B. H. 苏卡乔夫称为"植物群落的按年的更替"。

³⁾ B. H. 苏卡乔夫称为"外因动态演替"。

"群落生物学"的 B. A. 貝科夫(1957)那样, 脱离群落結构的分析。 我們在前面关于植物群落的結构一章中已討論了植物 群 落 的 动 态。

在本章中,我們将仅可能簡短地談談植物群落的演替。然而 在这里必須强調指出,在上述意义的植物群落的动态和植物群落 的演替之間幷沒有不可踰越的界綫。植物群落的演替过程在大多 数情况下是由它們的季节变化和年际变化組成的,但是是在它們 的結构中产生和增大质的改变的情况下:在这个过程中,通常既在 环境条件中,也在植物群落的結构中观察到这些或那些量的改变 过渡到象这样的生境和植物群落的质的改造。

植物群落演替的机制 基本上决定于下列因素:1)不論是外界(对植物群落而言)因素或是植物群落本身对环境的影响(归根 結底是生理上起作用的状况)所引起的环境条件中的外因变化和 內因变化;2)植物原始体的散布,或按照 B. И. 維尔納茨 基 的話說,"生命的繁衍";3)不論是間接的——通过环境的,或是直接的植物之間的相互作用;4)在这些或那些植物群落的組成中新的植物分类学单位(生态型、亚种、种)的产生。

如前所述,对植物群落而言外界地位环境因素之中,人类的經济活动在目前在所謂自然植被的生活中起着巨大的作用。人类的經济活动常常在早先存在的植物群落中引起灾难性的变化,或引起植物群落的完全毁灭。灾难性影响的基本形式是森林的砍伐和挖除伐根、火灾、家畜的过度放牧、开荒、地质活动、泥炭沼泽的整理、刮去土被和使沒有成土作用的岩石裸露出来以及建設人工水体,或者,这些或那些地域的长期淹沒,等等。但是自然植被的灾难性破坏或完全消灭,在一系列情况下也制約于自然因素,主要是地质方面的因素:雪崩、山坡上石块的崩落、水的侵蝕、强烈而又快速发生的火山的、冰川的、冰水的、坡积和冲积沉积物,等等。

然而許多外界地位环境因素能够影响植物群落,緩慢地和逐 漸地引起它們的演替。这涉及的是地壳的构造运动,它改变侵蝕 基准、海洋的岸綫等等的位置。气候的改变通常也是逐漸地发生 的。

植物群落本身对相应生境的作用所引起的那些环境条件的变化也是以緩慢的速度发生。

所有这些以緩慢速度进行的,生境以及相应的或多或少建成的植物群落的內因和外因动态变化,在甚至若干代人的心目中造成一种印象,即自然植物地圈是不变的。然而这种印象实际上是虚假的,它只不过反映着人类生命的有限范围。

"生命的繁衍"——植物原始体的散布——在植物群落演替过程中也起着非常大的作用,它决定着彼此更替的群落的种类组成。在植物群落演替的比較早期的阶段,原始体状况的作用特别的大,但是,相反,在或多或少建成的("密閉的")植物群落中,外来原始体的散布的作用就大大减小,在建成植物群落中,新种的侵入是十分困难的。完全自然,建成群落可以存在或多或少很长的时間而沒有重大的改变,只要保持组成这些植物群落的植物种原始体状况的正常数量的話。这些原始体保証了这些植物群落的天然更新。

不論是間接的,即通过改变环境的,或直接的(見上述)植物之間的相互作用,在演替进程中当然起着巨大的作用。 关于这点我們将在后面詳細討論。

小演化(микроэволюция) (Тимофеев-Ресовский,1958),也就是在这些或那些植物群落的种群中所进行的发生学过程,特别是新的生态型、亚种和种的产生,同样可以引起植物群落的演替。这特别是涉及那种情况,即当产生新的竞争能力强的生态型、亚种或种的时候。

演替的类型(分类) 正如 Π. Γ. 拉緬斯基在当时曾經 指 出过的那样,依类型学的原則(根据)的不同,植物群落演替的分类可以是各种各样的。 Π. Γ. 拉緬斯基(1938:326,327)曾經发表了下列"演替形式"的"分組":1)按在时間上的发展;2)按植被的状况和动态趋势(потенция);3)按制約演替的主导因素。还可以給这些"演替組"补充一个組,即按在其上或在其中(水)进行植物群落的演替的基质性质而划分的演替类型組(Clements,1916,1928,1936;

Мак-Дуголл, 1935)。

按照在时間上的发展,Л. Г. 拉緬斯基(1938)区分下列演替: 1) 与大陆和植物区系的进化相联系的世紀 演 替 (Вековаясмена) (可参閱 Е. М. 拉甫連柯, 1940);2) 延长几十年和有时几百年的长期演替(длительная),以及 3) 在几年或不多的几十年期間发生的快速演替(быстрая)。

В. Н. 苏卡乔夫(1942)把占有在地质学意义上很长时期的世紀演替叫做群落系統发生 (филоценогенез), 而 Б. А. 貝科夫 (1957)叫做植物群落发生(фитоценогенез)。这是植物群丛的发育过程,在这个过程中結合着已經存在的种和种內分类单位在植物群落中的配合現象 (явление комбинирования) 与种內分类单位的形成过程。在这里,植物群落的发育紧密地联系着植物种的发育。植物群落系統发生——这是一个不間断的过程,总的看来,它是十分緩慢的,但是在构造过程加强,或气候較迅速地改变的条件下它会加快。群落系統发生归根結柢是由比較快的演替变化 [按 В. Б. 索恰瓦(Сочава, 1944),是新生 (неогенез)]組成的,按照 Л. Г. 拉緬斯基的其余两个按时間排列的植物群落演替組可以列入这种較快的演替变化。

云杉林采伐后产生的樺树林或松林仍被云杉林所演替,可以做为长期演替的例子。一般的說,木本群落被木本植物群落的演替是进行得十分长的。在泰加林地区的开垦地上云杉林的恢复过程还要更长。

掘土动物的洞穴上的或草原撩荒地上的演替可以做为快速演替的例子,但是,只有开荒地段比較小,并且散播种子的来源地也邻近撩荒地的条件下,才可能是快速演替。种子来源地对于撩荒地生荒化过程(草原草丛禾草和草原杂类草的出現)的較后期阶段有特別的意义。如果开垦的生荒土地占据广闊的面积,而它的附近也沒有留下散播种子的来源,那么撩荒地的生荒化过程可能延长到几十年,也就是說,成为长期演替了。

"按植被的状况和动态趋势", Л. Γ. 拉緬斯基(1938:326)区

分出。1)与植被的破坏相联系的演替和2)"未破坏植被目前均衡 状态的演替"。В. Д. 阿列克山德罗娃(Александрова, 1958)称前者为灾难性演替(катастрофическая смена),而后者为发育演替 (смена развития)。

灾难性演替的基本因素上面已經列举过。在这种演替的情况下,原有植物群落或者整个地消失,或者只从原有植物群落保留微小的痕跡——最常見的是以种子或营养原始体的形式保留下来;这时原来植物群落的建群种完全消灭。因此,在这种情况下植物群落的发育将重新自先鋒(开始)阶段开始。

发育演替沒有这种植物群落的显著和迅速的破坏,它在一定程度上是逐漸地进行的;决定这种发育的因素既可以是外界因素(外因演替),也可以是与群落成分生命活动的結果相联系的內部因素(內因演替)。

苏联的地植物学家,特別是 B. H. 苏卡乔夫曾經首先制定出 根据制約这一或那一植物群落演替的主导因素的演替类型学。当 然,在該情况下所注意的只是主导因素,因为在自然界中观察到 的大多数的具体演替,总是多个因素引起的。

B. H. 苏卡乔夫在自己的著作中不止一次地提到植物群落演替的类型学問題,常常改变相应的术語,但是始終未改变把植物群落演替的分类建立在对这些演替的主导因素的考虑的基础上。前面已經引述过从他的 1942 年的著作中借用过来的演替的分組。在他較晚的著作中他区分出下列植物群落 演 替 类 型 (Сукачев, 1950, 1954)。

群落发生演替(сингенетическая сукцессия)[群落发生(сингенез)] 在原生裸露的(例如,河流浅滩、海滨沙丘)或次生裸露的(例如,荒弃的耕地)新地段被植物占滿时观察到(Александрова, 1958)。裸露地上开始侵入的是先鋒植物(растение-пионер),它們的組成在很大程度上依賴于植物原始体的地方状况。往后,先鋒植物被其它种类所排挤。正如 В. Н. 苏卡乔夫所說(1950:460):群落发生乃是"地段被植物所占滿的过程,植物之間为了地盘和生

活資料而斗爭的过程,以及各种植物的共居和它們之間相互关系的形成过程"。

在植物群落的群落发生演替过程中,环境条件产生某些变化,但是,按照 B. Д. 阿列克山德罗娃(1958),这种变化还是可逆的,因为并沒有发生环境条件(特別是土壤)的根本的改造。B. H. 苏卡乔夫(1954:304)认为,"可見,在这种情况下(指群落发生——拉甫連柯)环境的变化不是植物群落变化的原因,而是它的后果"。

內因生态发生演替(эндоэкогенетическая сукцессия),或內因动态演替(эндодинамическая сукцессия)¹⁾制約于环境的变化,但这种环境的变化是植物群落成分(主要是建群种)生命活动的結果。植物群落改变了生境,因而植物群落本身也发生改变:或者由于原先植物群落中存在的植物种的重新配置的結果,或者由于种子散播的結果外来的其它植物代替了原先的建群种或植物群落的其它成分。大家所熟知的这种演替的例子:水体植物丛生时的演替、闊叶林被云杉林所演替,等等。B. P. 威廉斯(Вильямс, 1922)和 И. А. 季托夫(Титов, 1934,1952)在他們的著作中描繪了內因动态过程的广闊图景。

外因生态发生演替(экзоэкогенетическая сукцессия),或外因动态演替(экзодинамическая сукцессия)²⁾ 由不是与植物群落成分的生命活动相联系的环境条件的改变所引起,也就是由对植物群落而言是外界的因素所引起。

这种演替很容易根据引起它們的因素进一步划分,因为演替本身的性质以及它們的速度依賴于后者。我們在 1940 年 (Лаврен-

¹⁾ В. Н. 苏卡乔夫在 1950 年的著作中也把这种演替称为"完全发生演替"(гологенетическая сукцессия), 但在1954年的著作中,这种演替被划分成特殊的一組, 并且其特征是"由于更大的統一体变化的結果而引起的植被变化过程,該生物地理群落进入这种統一体的組成,例如整个地理环境或它的个别部分: 大气圈、岩石圈等等"。В. Н. 苏卡乔夫同时指出,以前他沒有将这种演替与內因生态发生演替区分开。

²⁾ B. H. 苏卡乔夫(1950,1954) 也把外因生态发生演替或外因动态演替称为异因发生演替(гейтогенетическая сукцессия).

ко, 1940:173) 曾經建議过下列外因生态发生演替或外因动态演替的分类,火起因演替(在火的影响下)、气候起因演替、土壤起因演替、动物起因演替和人类起因演替。 B. A. 貝科夫 (1957) 提出稍有不同的这种演替的分类,但根据同样的原則。

人类起因演替通常被解說得非常广泛。可是我們认为,应該 狭义地理解它們,只有那些由于人类的劳动工具对植被的直接影响(森林的采伐和挖除伐根、割草、开荒,等等),或者象草甸施肥那样的措施等等所引起的演替才能列入这种演替。在目前,人类經济活动的影响不仅对植物地圈,而且也对整个生物圈是如此的巨大,以致人类的間接影响表現在植被的大多数演替过程中。基于这一点,許多植物群落学演替似乎应該列入人类起因演替,这种情状似乎誘使我們离开演替直接因素的研究。

象前面已經提到过的,美国植物学家們从在其上进行植被的演替改变的基质性质出发,曾經制定出演替的类型学。例如,他們区分出植物群落的水生演替系列(гидрическая сукцессионная серия)和旱生演替系列(ксерическая сукцессионная серия)。水生演替系列是植物群落的发展从水中或潮湿土壤上开始,并由水生群落向中生群落的方向进行。旱生演替系列是植物群落的发展在干旱基质上进行,并由旱生植物群落向中生植物群落发展。В. Б. 馬克・杜戈尔(1935:148)列举了下列按基质性质的水生演替系列和旱生演替系列的划分:1)水生演替系列(hydrarch);(1)粘土演替系列(geosere),(2)砂土演替系列(psammosere),(3)岩石演替系列(lithosere);(2)砂土演替系列(psammosere),(3)岩石演替系列(geosere),(2)砂土演替系列(psammosere),(3)岩石演替系列(lithosere)。

所有上面討論过的以不同原則做为根据的植物群落演替的分 类,都是有用的,但是它們之中最有內容的是根据制約植物群落 演替的因素的分类。

演替系列和頂极 (Сукцессионная серия и климакс) 在 美国, F. E. 克勒門茨(Clements, 1916, 1928, 1936)制定了关于演 替和頂极的学說,这一学說对全世界的地植物学产生了很大的影响,只有苏联地植物学除外,虽然在苏联,也有个别的学者发表过接近于 F. E. 克勒門茨的某些原理的思想。只有 Б. H. 戈罗德科夫 (Городков) 在他的科学活动的最后时期完全赞同了 F. E. 克勒門茨的观点(Городков,1944,1946)。

让我們簡短地談一談 F. E. 克勒門茨关于演替和頂极的学說。 演替 (succession) 过程 在这个过程中地表同一个地段順序 地被不同的植物群落所占据。演替的单位就是系列(sere),它包括 在該地段上順序地发育的,从先鋒或初始阶段經过演替阶段到最 終頂极(климакс)的植物群落¹。

演替系列在裸露基质上开始,而該基质的特性对于演替性质发生着影响(参見前文)。演替是从定居(ecesis)开始的,也就是这些或那些植物种在沒有植物的地段上固定下来。在这种情况下"定居"概念包括从这一或那一植物种散布种子的时候开始,到它在該地段上固定下来为止的全部过程。定居現象在該地段上就是后来直到形成頂极以前都幷沒有停止。当在地段上形成或多或少密閉的植被的时候,就开始出現竞爭,这种竞爭在系列的演替阶段的群落中进行得特別强烈。演替阶段群落和頂极群落还以"反应"(reaction)也就是以植物群落成分对环境的作用为特点。

在演替頂极(climax)的最后阶段,群落的結构达到稳定,群落和气候之間达到一定的均衡。頂极植物群落乃是成熟的状态,而先鋒和演替植物群落只是发展的阶段。

因此,按照这种观念,在演替中,环境条件和順序改变自己組成的該地段上的植物居住者彼此相互作用和反作用,原因与結果

¹⁾ С. Я. 索科洛夫 (Соколов) 在他的著作中把完全另外的 現 象 称 为 "系列" (серия),而沒有考虑到 F. E. 克勒門茨巳經早就按另外的意义使用了这个术語。С. Я. 索科洛夫 (1938:37) 写道,"系列——这是林型組,它不依賴于在林木层中占优势的乔木树种,在所有其它层次中具有一致性"。这位学者还区分出另外的类似的分析概念:环(цикл),它联合具有"由一个优势种建立的若干个在外貌上相似的层次,"的系列。特殊环 (специесцикл)——"环組,在其相似的层中一个种占优势"。

相互轉化,直到演替頂极达到均衡状态为止。按照 F. E. 克勒門 茨,頂极植物群落永远是該环境条件下,首先是气候条件下最中生 的群落。因此演替或者是从比較水生的群落向中生的 群 落 发 展 (水生演替系列),或是从比較早生的群落向中生的群落发展(早生演替系列)。

演替頂极只有在气候条件改变的情况下,或者在植物区系发 生重大变化,出現任何新的植物分类学类群的情况下,才可能改 变。

F. E. 克勒門茨把演替頂极与有机体相比拟;象有机体一样,演替頂极产生着、生长着、成熟着和死亡着;这是演替頂极的个体发育。每一个演替頂极由前一个演替頂极发展而来;这是它的系統发生。在过去的地质时代中,存在过另一些頂极,称为古演替頂极 (eoclimax),它是以特殊的植物分类学类群占优势的。如果沒有人类經济活动的影响,現代的演替頂极都是稳定的。

从上述可以看出, F. E. 克勒門茨对演替頂极的观点在某种程度上和"动态平衡"(подвижное равновесие)的静态观念相似。对于植物群落的"动态平衡"的观念是本世紀二十年代許多苏联学者(А. А. Еленкин, А. П. Ильинский, Л. Г. Раменский, В. В. Алехин)发展过的。大家知道,在三十年代里,曾經贊同过这一观念的苏联植物学家从新考虑了自己的观点,并且放弃了自己以前的錯誤看法。

然而,正如恩格斯(1934:13)在"自然辯証法"中所會經指出过的,"沒有相对的靜止就沒有发展"。"在我們的領域內(即在植物群落內——拉甫連柯),均衡状态为死亡率和繁殖率的平衡所調节,而发展是沿着长期进化和較快速的改变的途径进行"(Раменский,1938:325)。

演替頂极的不变性是极其相对的,因为就是在演替頂极中也 发生着环境条件的緩慢的改变过程,这种改变必然也在相应植物 群落的結构中反映出来,并且进行着从来也不停止的群落系統发 生过程。人类关于时間的观念是极其相对的;对于只有以地质时 間的規模才能觉察出变化的許多自然过程的研究来說,即使是許 多代人类的寿命也太渺小了。

因此,让我們回忆植被內因动态演替的辯护者的 B. P. 威廉斯 (1922:206),他在当时关于草原这样写道:"……显然,草原的針茅时期的特征是具有不定的生存期限"。 Л. Г. 拉緬斯基(1938:328)也曾发表过这种正确的思想:"在理論上,应該承认演替的趋势是普遍的,但是实际上当然也存在着面积辽闊的森林、草原和荒漠等等,它們在几千年期間不改变自己的类型(如果撇开不深刻的局部的演替——向不同方向的改变的話)"。

在苏联地植物学文献中广泛使用的 关于根本植物群落 (коренное растительное сообщество) (群丛、林型,等等)的概念,在某种程度上接近于"演替頂极"的概念。然而这两个概念是不完全符合的。例如,中泰加林亚地带中的具欧洲越桔的真 蘚 云 杉林 (Pinetum silvestris myrtillosum)既是中泰加林 (壤土上)的演替頂极,也是根本泰加林群丛。在稀疏的草被中 Stipa orientalis 和 Artemisia frigida 占优势的,哈薩克低丘陵区石质丘陵上的石生 (多石的)草原是根本植物群丛,但不是演替頂极,因为这只是上述区域中在坚硬的石质土上緩慢的植被发展过程的一个演替阶段。这种石生草原分布区域內的演替頂极或者是杂类草貧 乏的 針芽 (Stipetum lessingianae)草原——在干旱草原或羊芽—針茅草原亚地带,或者是白蒿—тырса 草原 (Stipetum sareptanae lercheanae-artemisiosum)—— 在荒漠草原或蒿类—羊茅—針茅草原亚地带。

形容詞"根本的"在苏联地植物学文献中是用以标記天然植物群落、群丛等等,它与衍生植物群落 (производное растительное сообщество) (群丛,等等) 概念是相反的。衍生植物群落是在人类經济活动的影响下产生,幷且是这(或那)演替系列中的演替阶段。

苏联森林学家所謂的暫时群落 (временник), 也是森林带內 砍伐的林地或荒弃的耕地上植被发展的演替阶段。

因此,在我們的日常的研究工作中应該利用 F. E. 克勒門茨所

引入的关于演替系列和頂极的概念,当然,不賦予演替頂极以絕对的意义。

我們应該无条件摒弃的是 F. E. 克勒門茨所設想的把演替頂极与有机体相比拟。虽然植物群落也是由植物所組成的,但是不容許把植物群落現象与做为有机体 特征的 那些現 象做任何的类比。不要忘記,有机体是最高級的完整的体系,它的各部分之間有着不可分割的联系,而植物群落虽然也是完整的体系,但它的特点是完整性的程度要低級得多,因为在植物群落中可以观察到各个部分——进入植物群落的植物具有相当大的自由性 (Александрова,1958)。

F. E. 克勒門茨 (Clements, 1936, 1949)区分出若干演替頂极 类型。上面已經提到古演替頂极。下面让我們引述克勒門茨的汛 演替頂极 (panclimax) 的定义 (Clements, 1949:158): "汛演替頂 极……包括两个或更多的有亲緣关系的演替頂极或群系,它們具 有相同的一般气候条件,相同的生活型以及优势种的共同属"。这 种广义地理解的"演替頂极"的概念符合于 苏联学者們的"地带性 植被"(зональная растительность)的概念,地带性植被是或多或 少平坦地段的,占据着按 Г. Н. 維索茨基理解的显域地境 (плакор)的植被¹¹。

因此,苏联泰加林地区(地带)的汛演替頂极是由Picea、Abies、Pinus、Larix等属的种組成的針叶林;苏联草原地区(地带)的汛演替頂极——羊茅-針茅草原,等等。也可以分出各个亚地带的汛演替頂极。

然而,对于亚地带的各个省段可以比較准确地确定出演替頂极;这将是一定的群丛,或更确切地說,群丛組。

在亚地带的省段范围內可能存在一个演替頂极?抑是更多?考虑到在显域地境条件中完全形成的細粒土壤的机械組成的差异, 我們认为,这样十分狭义地理解的演替頂极在一个自然区域內可

¹⁾ H. 瓦尔特 (Walter, 1954) 已經做过这种对比。

以有好几个。例如,在泰加林地区的欧洲部分和西部西伯利亚部分的沙质土上,演替頂极是松林的这些或那些群丛組,而在壤土或粘土上——云杉林的或乔木层組成比較复杂的暗針叶林的这些或那些群丛組。

植物群落演替的研究 可以用直接的方法进行,也可以采用某种間接的方法进行。

对快速演替和多多少少相对长期的演替可以进行直接的观察。对于这样的观察,特別是在长期演替的情况下,最好的方法当然是自然保护区(заповедник)。在自然保护区中或其它保护地段上也可以布置各种实驗工作,借助于这种或那种影响来研究演替,例如:乔木和灌木的采伐、不同割草制度下的割草、不同牲畜种和不同載畜量下的放牧和不同季节放飼制度下的放牧、去除植被使土壤裸露和剥去土壤使底土暴露的开垦,等等。这些可能进行实驗的項目已經强調說明了研究演替不論在理論方面或在实践方面的巨大科学意义。

泥炭沼泽的植物学分析結果提供关于沼泽植被过去演替的直接情报。关于不久以前森林組成变化的某些資料,可以根据森林中死地被物的分层花粉分析获得。

間接方法归結如下。

正如前面已經指出过的,植物群落結构的分析,特別是組成 群落的植物种的种群的分析,对于过去演替的概念可以提供十分 多的东西。

关于地表某一地段上过去的环境条件(包括生理上起作用的状况在内)的重要情报,在許多情况下可从土壤的发生学分析中得到。在重建生境演替的基础上也可以重建植物群落的演替。在 T. И. 波波夫(Ποποв, 1914)的关于奥克-頓河低地山楊林丛起源的經典著作中引述了类似重建的很好的例子。

比較久远的过去的生境条件,在一系列情况下可以借助于地 貌的发生学分析加以重建,特别是配合着古土壤学的观察和年青 的表层地质沉积物的孢子-花粉分析。H. M. 克拉舍宁尼科夫 (Крашенинников, 1922) 关于草原带河谷植被发展的主要著作之一可以做为根据类似的古地理学分析恢复草原带河谷植被发展的主要途径的例子。但是这里我們已經过渡到世紀演替了。

植物群落的分类和地理学問題

在本文中我們只能非常簡短地談一談植物群落的分类¹⁾ 和植被地理学的某些問題。

植物群落的分类問題 是植物群落学中最复杂的問題之一,它吸引着地植物学家的很大注意。在前述各章中所提出的,对植物群落的那种理解的情况下,植物群落分类的基础应該是它們的层片結构:各个层片之間的关系,特別是建群层片的存在、建群种和从属层片的优势种的組成。这样的处理方法提供了关于总的植物物质以及它在植物地圈剖面上,不論地上或地下部分的分布的概念。这不仅具有实用上的意义,而且也使我們有可能判断关于作为地球表面固定太阳能和积极地或消极地改造生物圈的一定层的植物有机体体系(結合)的植物群落的相应类型。

不論苏联或是外国的大多数地植物学家都认为植物群落分类的基本单位是植物群丛。然而不同的地植物学学派采用不同的群丛范围,并且給予它或多或少不同的定义。

大多数苏联地植物学家把植物群丛 (растительная ассоциация) 看做是植物群落的联合,这些植物群落 的层片結构相似,在 所有基本层片中的优势种(包括优势层片中的建群种在内)組成相同,在植物之間以及植物和环境之間具有同样的相互关系²⁾。

群丛以外,在苏联地植物学文献中,也把群系和植被型列入植

¹⁾ 在"野外地植物学"第三卷中将有专門的一章討論植物群落的分类。

²⁾ B. H. 苏卡乔夫(1957:18) 給植物群丛的定义是这样:"植物群丛(植物群落类型)……联合以同样程度参加地表面(或更确切地說,它的植物地圈)上物质和能量的积聚和轉化的所有植物群落。与此相符合地,这些植物群落的基本特征是:具有相似的种类組成,相似的反映相应植物生态学类型組成的层片結构以及相似的影响群落学过程的环境因素組成。"

物群落分类的基本从属单位 (субординационная единица) 之中 (Быков, 1958; Шенников, 1958)。

群系(формация)联合具有相同建群种(也就是优势层片的优势种)組成的群丛。Б. А. 貝科夫(1958)区分出单优群系 (монодоминантная формация)(具有一个建群种)和多优群系 (кондоминантная формация)(具有若干个建群种)。許多 草原群系 (叶尼塞河上游的"四禾草"草原)、混交林等等是后者的例子。

植被型(тип растительности) 是群系的联合,这些群系的优势层片的建群种种类組成不同,但建群种的生活型組成相同,换句話說,植被型联合了具有同一生活型的建群种的群系。例如,以落叶閤叶低温乔木树种占优势的閤叶林,以旱生低温多年生草本植物(主要是草丛禾草)占优势的草原,等等。

植物群丛中全部基本层片的优势种种类組成以及植物群系中 优势层片的建群种組成的相似性, 說明植物群落分类的这些分类 学单位有发生上的一致性¹⁾。

植被型尽管有它形态-生态学的內容,但实际上也有一定的发生学的共同性。这种共同性通常表現在:1)大多数层片的优势种成分(包括建群种在內)属于同一个属或相近的属(具有大量的地理替代种);2)一定的环境条件的一致,在这种环境条件中在或多或少长久的地质时期內发育了該植被型;3)这一或那一植被型发育的一致的年代范围,这使我們有可能談到植被型的年龄——指的是开始形成它的时期。

难道可以怀疑巴西、刚果盆地以及东南亚(主要是印度尼西亚)潮湿热带林或希列亚(Ильинский, 1937)的一定的发生上的一致(上述意义的)性嗎? 尽管有巨大的空間在目前把希列亚的这些植物学地区分割开,但是无論在它們的层片結构上,或是在它們成分的科、属組成上,都有很多的共同点。阿帕拉契(在北美)、远东

¹⁾显然,在那种情况下,当优势层片的建群种是具有广大分布区和广闊生态幅的种时[例如欧洲赤松(Pinus silvestris)],划分群系时就不应該以种为根据,而应該以亚种(地理小种)为根据。

(在亚洲)和高加索一欧洲植物地理地区的落叶闊叶林植被型沒有 疑問存在着发生上的共同性。这三个現在如此远离的植物地区中 闊叶林的按上述意义的发生学接近性曾經不止一次地被植物地理 学家强調过。欧亚大陆、北美以及甚至阿根廷南部(巴塔哥尼亚) 的草原,不仅在它們的层片結构和生存条件上,而且也在它們成分 的属的組成上具有許多共同点,等等。

上面所解說的关于植被型的概念,可以称为外貌-生态的概念。然而这里面并沒有什么不好。艾伦堡(Ellenberg, 1956)完全正确,他指出,沒有类似的外貌-生态的高級单位,不可能进行全地球植被的分类。

大家知道,現有的植物群落的分类系統 (система классификаций растительных сообществ) 在自己的原則上是非常不同的 (Braun-Blanquet, 1951; Быков,1957,1958)。布瑙-布朗喀区分出 下列植物群落分类系統¹⁾;1) 外貌的 (按 Б. А. 貝科夫是形态的), 例如 О. 德魯德的分类,等等;2) 生态的 (Е. 瓦尔明的,格勒布納 的,等等);3) 外貌-生态的(А. 辛柏尔的,狄尔斯的,布罗克曼-耶罗什和留貝尔的,Ф. Фиргаппер 的²⁾,等等);4)分布区的,或 按艾伦堡,分布区地理-生态的 (Е. Шмид 的分类);5) 动态-发 生的 (F. 克勒門荚的, A. 坦斯黎的以及其他盎格魯撒 克逊 学 者 的);6)区系的;(1)根据优势种的統計,(2)根据植物群落共同度系 数的統計,(3)根据这一或那一群落的种的确限性 (特征种)的統 計。大家知道,И. 布瑙-布朗喀本人是以 特征 种的統 計做为他的 分类的基础。应該指出,在西欧以及在某些 其它国家 获得广泛承 认的布瑙-布朗喀的分类,是經过最充分研究的分类系統之一。

还可以給这种植物群落系統补充一个,这就是有时称为植物群落系統发生的(филоцено-генетическая)分类,但是最好称它为历史-发生的 (историко-генетическая) (А. И. Лесков, 1943;

¹⁾ 艾伦堡 (Ellenberg,1956:39)提出一个相近的,但稍有不同的 植物群落学系統 的概述。

²⁾ А. П. 伊里因斯基(Ильинский, 1937)的植被类型系統也应列入这类。

В. Б. Сочава, 1944; А. А. Корчагин, 1946 等人的分类)。最后这一系統的学者們按照植物系統分类中系統发生图式的样式描繪出不同类型植物群落发展的"系統发生"图式 ("филогенетическая"схема), 基本上把現代植被的发展看作是比較复杂的群落 (具有复杂层片結构的多优势种群落)解体为比較簡单的群落。

因此,对于在植物群落分类时采用的某些原則,必須提出下列 一般性的意見。

- 1. 虽然地球表面植被的总的发展也与植物界的进化相联系,但是在任何情况下絕不可以象某些学者所提出的那样,把植物分类的系統发生原則,用到植物群落的分类上来,把植物群落发展的图式描繪成系統发生树的形式。在有机体和植物群落的发展中,有选择作用的环境起着巨大的作用,但归根到底有机体的发展是建立在"血緣"联系的基础上,而植物群落的发展是建立在原始体状况的基础上。
- 2. 当以动态-发生观点进行植物群落分类时,是根据植物群落之間的演替相互关系,也就是根据植物群落本身以外的特征(环境的改变)。何况,解决該群落是頂极群落还是演替系列群落的問題,常常是非常困难的。
- 3. 决不能只根据区系組成, 特别是根据特征种, 而不考虑群落的生态-生物学組成, 它的层片結构等等, 进行植物群落的分类。
- 4. 在任何情况下决不能把地域的植物地理(地植物学)区划和植物群落的分类混淆起来。 B. A. 貝科夫 (1958:14) 认为 根据"地植物学景观"1)的考虑,可以建立起植物群落的"地理学分类","地植物学景观"它"或者是若干个具体的植物群丛,或者是群丛复合体,或者是群丛的組合"。群丛复合体和群丛組合不可能是植物群落的分类单位,因为它們本身是由极其不同的植物群落組成。

B. B. 索恰瓦(CoyaBa, 1958) 在他最近的一篇关于建立統一的

¹⁾ 决不能說"地植物学景观"(геоботанический ландшафт)。景观——这是地理学的概念,它不可避免地包括了地形形态、表层地质沉积物、植被、动物界等等的结合。植被——只是景观的一部分。

植被系統的著作中,列举了一个十分复杂的植物群落分类系統。这个系統的高級单位带有植物地理学的性质,而把植物群丛划分为根本(коренная)群丛,系列(自然系列——拉甫連柯)(серийная)群丛,长期衍生(длительно производная)群丛和短期衍生(кратковременно производная)群丛,照布瑙-布朗喀的术語来說,具有动态-发生的性质。

В. Б.索恰瓦(1944, 1945, 1958)引入的族团(фратрия)概念是有用的。然而决不能把它看做植物群落的分类单位。这个不如說是历史-地理学的概念,它指的是或多或少长期地基本上存在于一定自然区域(地区或省)的不同群丛、群系以及甚至植被型的总体,在此长期的过程中借助于种的相互交换,以及借助于层片的进占(инкумбация синузий)和撤出(декумбация синузий),发生这些不同結构植物群落的形成过程(Сочава, 1930)。换句話說,族团——这是长期存在的幷列发生的(парагенетический)不同类型植物群落的組合。

再談一个涉及植物群丛如何确定的問題。

或多或少有經驗的研究者,还在野外工作时已經逐漸形成了 关于最主要群丛以及它們对于这些或那些自然条件(生境)的适应 性的概念。然而这些一般的观察必須借助于野外描述的样地的分 析,加以肯定和訂正。假使这样的样地不多,那么比較容易将它們 分配到在野外初步确定的群丛之間去。如果描述的样地很多(几十 个到甚至几百个),那么就要求对它們,首先是各个样地的植物名 录,进行专門的分析。有两种分析样地植物名录的方法——以.布 瑙-布朗略的方法(Braun-Blanquet,1951; Ellenberg,1956)和几. 「. 拉緬斯基的方法(1937,1938)。可惜,到現在为止还沒有人对这 些方法进行过比較分析。

植被地理学的問題 在苏联在十月革命以前时期已經有成效 地研究过, 并且現在继續在积极地研究着。

在植被一覽图的制作方面,特別是苏联及其毗連地区的,我們 (指苏联地植物学家。——譯者注)已取得頗大的成就,这在科学 刊物上已經多次地报导过(参考 E. M. 拉甫連柯, 1958; B. B. 索恰瓦,1958关于这个問題的最近的概述),因此,关于这方面我們将不多談了。 仅仅指出一点:在这方面苏联植物学制图的基本任务应該是編制 1:2,500,000 和1:1,000,000 比例尺的苏联植被图。大家知道,整个苏联的最新最詳細的植被图是 1:4,000,000 比例尺的"苏联地植物学图"(1956)。

苏联已經进行了幷且正在进行着編制1:200,000 —1:5,000 比例尺的大比例制图的巨大工作。但是在这一領域內感觉到在綜 合已經积累的經驗和制定大比例尺植被制图的某些理論問題方面 不够。

做为关于植物群落和整个植被地理学的原始的比較資料,最好积累有能代表某些自然区域的索引地段 (ключевый участок)的最大比例尺1:5,000 或更大比例尺的图(平面图),在其上繪出属于这些或那些群丛的具体植物群落。对于同样的索引地段必须以同一比例尺編制地形图、土壤图、土壤母质图(标明母质的年龄和岩性)、潜水图,等等。这些图(平面图)应該附有詳細的生态剖面(экологическая профиль),在剖面上标明相对高度、植被、土壤、底土、潜水(如果它們接近地表的話),等等。

这样的詳細图(平面图)和剖面将是研究植物群落复合体和組合 (комплекс и сочетание растительных сообществ) 的原始資料。

无論是苏联整个領土或它的各个部分的地植物学区划(геоботаническое районирование) 也是极其重要的工作。同样在这一領域內,苏联許多地植物学家集体进行过大量的工作。对于整个苏联 領土 来 說,根据植被性质做出的最詳細的領土区划方案是1947年出版的"苏联地植物学区划"。目前,由于新的資料的积累,要求对此区划做某些修改和补充。在这个著作中,最大的区划单位是地区(облать),它的特征是在显域地境(плакор)上,也就是排水良好的平原或低山条件下具有一定的植被型,以及在山区具有一定的垂直带性系統(система поясности)。此外,每一个地区

也以植物区系的系統組成,特別是属和种的特有現象的存在为特征。在植被历史方面也有差异,特別是各个地区的年龄的差异。地区沿緯度方向伸展,并且在这种情况下与土壤—植物地带(зона)相符合。地区进一步划分为带域(полоса)[亚地带(подзона)]——沿緯度方向和省(провинция)——主要是沿經度方向。被带域所分割开的省的部分分成县(округ)。按其位置主要是海洋性的,占据相对有限地域的地区,分为省和县,或直接分成县。在苏联范围内总共分出11个植物地理地区。

尽管还有某些缺点,但是这个区划:1)并沒有夸大植被的緯度 地带性,2)以同样的程度反映了地带規律性和省規律性,3)沒有把 山区植被分布的規律性和緯度-地带現象割裂开,而把它們看做是 共軛的現象。

包括苏联全部領土或它的各部分的地植物学图,反映了植被地理分布的基本規律性,这种規律性依賴于一系列因素,首先是依賴于气候、地形条件(地貌)、土被,也依賴于地方的地质历史。

苏联植被与这些地位环境因素的联系已經研究到什么程度? 苏联的自然地理学家——Л. С. 貝尔格 (Берг)、А. А. 格里哥 里耶夫 (Григорьев)、С. П. 苏斯洛夫 (Суслов) 等人已經做过一 些最一般的工作。

地植物学家在他的研究工作中通常非常注意植被和地形的联系。例如,在上述苏联地植物学区划(1947)中对植被与地区的地貌划分給予了很大的注意。

由于現代的山勢紧密地与大地构造相联系,所以現代植被也在一定程度上"透露了"后者。当注意到年青的(阿尔卑斯式的)或被阿尔卑斯造山运动更新过的較古老的山岳建造的时候,那么这种情况表現在存在植被的垂直带性上。在具有埋藏很浅的褶皺基底的古代准平原化山系境界內,通常在植被分布上保存着緯度一地带規律性,但是它們由于不同石生群落的或多或少五光十色的組合,以及某些虽然通常表現得很不明显的垂直带性現象而复杂化。类似的現象我們會在,例如,哈薩克褶皺区、頓湼茨山等等地方观

察到。在具有埋藏很深的褶皺基底的高起的,因而地表排水良好的地台范围內,緯度-地带規律性表現得最好。例如在俄罗斯(东欧)平原(地台)上就是这样。相反,在現在具有低平原性质的强烈下陷的地台,例如在西部西伯利亚低地范围內,植被的緯度地带性为植被中的水成現象(不同类型沼泽、沼泽化森林和草甸等等的广泛分布)所复杂化。

И. М. 克拉舍宁尼科夫在研究南烏拉尔、哈薩克斯坦、蒙古的某些区域的植被的时候,在自己的工作中对于植被的地貌起因的联系給予了非常多的注意(1922,1923及他的其它著作)。

遵循着在土壤学和地植物学范围内的 B. B. 道庫恰耶夫学派的传統的苏联地植物学家,通常都力求把植被和土壤联系起来;在这方面在苏联文献中已积累了大量的資料。然而在广大面积上观察到的土壤-植物联系中的許多現象,仍然研究得不够。让我們举两个例。

在广闊的泰加林地区(或地带)范围內,地 植物学家很早以前就十分精确地确定了从西到东針叶林組成中的差异,这 种差异明显地反映在泰加林的結构上和它們的生态学状况上。这些差异很好地反映在地植物学图上。然而土壤学家到現在为止还沒有考虑泰加林組成和結构上的这种重大差异——而泰加林是作为本区特征的灰化土土壤形成的基本因素之一¹⁾。

当自西向东,沿着相应的土壤地带研究草原和荒漠植被与黑

¹⁾ 在 M. П. 格拉西莫夫主編下,有 E. B. 洛博娃(Лобова) 参加, H. H. 罗佐夫(Po30B) 編的,比例尺为1:4000000 的最新的"苏联土壤图"("高等学校教学用图"之一,1954)中,灰化土被分为下列亚类:潜育灰化土,灰化土和生草灰化土,它們由北往南,彼此更替着,形成亚地带,类似于地植物学上的北、中和南泰加林亚地带(带域)。这些亚地带从苏联的西方向东延伸到雅庫吉亚,同时在这些亚地带范围内灰化土亚类的省性差异沒有划分出来。其它的地带性土壤——大多数黑鈣土、全部栗鈣土、棕鈣土等等,在該图上也同样沒有划分出地方性的变体。在这方面唯一的例外是对于深厚黑鈣土和肥沃黑鈣土,它們都划分出省性变体。苏联土壤学家在进行土被区划时开始确定出省,但是,我們认为,更重要的是在土壤类型学(分类学)中区分土壤的各种地方(省的)变体。

鈣土、栗鈣土和棕鈣土的不同亚类的联系时,我发現一个非常有趣的經驗規律:越往东,越是比較"北方的"植被类型出現在这些土壤上。例如,在苏联欧洲部分南部在南方黑鈣土上看到的主要是干旱羊茅--針茅草原,而在西部西伯利亚低地的南部以及在北哈薩克斯坦,适应于南方黑鈣土的已經是旱生性較小,比較北方的杂类草--羊茅--針茅草原。在哈薩克斯坦北部的暗栗鈣土上,我們見到干旱羊茅--針茅草原,而在蒙古北部,在杭爱山地,在暗栗鈣土(非碱化的)上——特殊的"山地草原",这是更偏西的在北哈薩克斯坦适应于南方黑鈣土的杂类草--羊茅--針茅草原的类似物。在北哈薩克斯坦的棕鈣土上,观察到北方半小灌木(蒿类和猪毛菜类)荒漠,而在蒙古在类似的土壤上我們見到荒漠(半小灌木--針茅的和半小灌木--葱类的)草原,这种荒漠草原的类似物在哈薩克斯坦是适应于淡栗鈣土。所有类似的土壤--植物"逆置"的 現象都要求地植物学家和土壤学家加以特別的注意。必須查明这种逆置的原因。

当然,所有上述的一切說明,古北极地区(Палеарктика)地带性土壤中的很大的"省性"差异,苏联土壤学家对这种差异还研究得很不够。植被的类似的省性差异很好地反映在最近的苏联植被一覽图上(参看1:4000000 比例尺的"苏联地植物学图")。

苏联植被与气候的联系直到現在研究得不够。对气候类型和联系景观和植物地理划分的地球气候区划 感 兴 趣 的 地 理 学 家 [В. П. 柯本(Кеппен)、Л.С. 貝 尔 格、Н. Н. 伊万諾夫(Иванов)、М. И. 布迪科(Будыко)等人]以一般的形式研究过这种联系。

最近时期,在苏联气候学中发展了发生的或动态的方向 (Б. П. Алисов, С. П. Хромов等人)。这个方向把基本的注意放 在研究气候形成的过程上,这种气候形成过程創造了这些或那些 气候类型。В. Б. 索恰瓦(1948)在他的一篇非常有趣的著作中,曾 經根据上述苏联气候学家,主要是 Б. П. 阿里索夫的著作,考察了 苏联植被与气候形成过程和气候动态类型的联系。在这种关系的 研究的基础上,В. Б. 索恰瓦(1948:5)提出苏联植被区划的图式, 这个区划可以称为气候-地植物学的区划:"…放在首位的是植被 与气候和地表的相互关系,这种相互关系我們称为第一級的地理 联系"。В.Б. 索恰瓦划分出"地植物学带或(пояс)"(在苏联境內共 計有三个带或:极地带或、湿潤带或和干旱带或),带分为"地 植 物 学原(поле)",后者本身又划分为地段(участок)和地块(массив); 除此以外,他在大而复杂的山系中确定出"地植物学結(узел)"(在 苏联范围內共有三个結;高加索的、中亚的和阿尔泰的)。

在山区,关于植被垂直带性类型的問題最紧密地与山地的地方气候相联系。Р. А. 叶連湼夫斯基 (Еленевский, 1940)、А. Г. 多魯汉諾夫(Долуханов)和 М.Ф.沙霍基亚(Сахокия, 1941)以及 К. В.斯坦紐科維奇(Станюкович, 1955)关于苏联山地植被垂直带类型,О.格列边希科夫(Гребенщиков, 1957)关于西欧东部山地的垂直带类型的著作給这些問題的研究推进了一大步。这些著作中的基本結論是:在山区,植被垂直带性的这些或那些类型最紧密地与山系的地带(地区)位置和省位置相联系,这种联系在"苏联地植物学区划"(1947)中获得了反映;Б. А. 貝科夫(1957)也发表过同样的見解。

B. A. 貝科夫(1957)曾經詳細地研究过依坡向为轉移的中緯 度山区植被分布的規律性。

在苏联,在气候学中也正在发展着生态学方向。 这主要是表現在农业气候学上,它 研究主要做为农作物和人工栽培植物群落的生长条件的气 候 (Γ . Т. Селянинов, Π . И. Колосков, С. А. Сапожникова, Φ . Φ . Давитая)。

农业气候学的著作对于地植物学家也是有很大意义的。然而 很可惜,其目的在于联系自然植被研究气候,把气候做为自然植被 的环境的生态气候学的地植物学分支在苏联完全沒有得到发展。 在外国,許多大的地植物学家从事着一系列气候学問題的探討,并 且不忘記解决植物地理学問題[在波兰有兴凱維奇,在奥地利有日. 加姆斯(Gams),在德国有日. 瓦尔特,在法国有安伯歇、戈山、奥布 勒維尔,等等]在苏联,Γ. 日.維索茨基(1928)曾經研究过对于植 物地理学很重要的某些气候学問題。气候季节动态(在許多年間) 和植被的临界气候現象(干旱、溫度的急剧波动,等等)的研究,以 及地植物学边界、群系和群丛的分布区、各个植物种和它們的类群 的分布区等等的气候学解释,正如部分地在上面已經說过的,对于 植物地理学有着特殊的意义。

由于篇幅所限,不能允許我們談到植被的历史研究的任务。

为了国民經济的需要而研究植被

在我們的原子时代,植物仍然是人类生存的物质基础,它供給 人类及家畜以食物、药材、做衣服的材料、建筑材料等等。并且,象 以前一样,人类的全部食物,除去极少的例外,都来源于生物。正 是植物,或者直接被人类用做食物,或者被家畜食用,而家畜同样 在这种或那种程度上被用做人类的食物。

不論野生的或栽培的植物,几乎永远是在群落中出現。 地植物学——关于植被的科学——与其它植物 学 科 一 起,是 森林經营、草甸管理和作物栽培的生物学基础。 植被是我們国家的主要自然資源。由此可以說明地植物学研究的巨大国民經济意义。

让我們簡短地談談研究植被的实践意义的各个方面。

在研究做为木材来源和具有巨大保水和保土意义的森林时,非常重要的是认識它們的类型,乔木树种之間以及乔木树种与其它层(草本-小灌木层、地被层)的成分之間的相互关系,乔木树种的更新,特别是进行森林經营的那些乔木树种的更新,在人类对森林的經济影响的这种或那种形式下森林群落的演替,等等。 不研究森林群落生活的这些方面,就不能进行森林經营;特别是,把森林做为植物群落和生物地理群落来进行研究,对于制訂合理的采伐形式、护林措施等等是必要的。

当研究做为农业动物飼料来源的这些或 那 些 植 物群落的时候,重要的是确定天然割草場和放牧場的类型、它們的組成、草群的季节性(各个植物种和整个群落发育的物候阶段)、草群生产量、基本成分,特别是具有很大飼料意义的成分的更新,以及对割草場

和放牧場进行这种或那种形式的割草和放牧影响下植物群落的演 替,等等。特別有意义的是割草期,放牧期和載畜量(在单位面积 上和在不同时期牲畜的种类成分和头数)的試驗研究。不了解自然 飼料地的这些特性,就不能制訂出利用天然放牧場和割草場的合 理方式,以及改良它們的方法。

甚至在不是利用整个植物群落,而只是利用群落組成中挑选 出来的个别种的那种情况下,也必须研究整个群落,对这一或那一 个种的开发利用不应导致它的蓄积全部耗竭。为了避免这一点,必 須了解,使我們感兴趣的种在群落的結构和生活中的位置是怎样? 它与其余的群落成分的相互关系如何?在这一或那一群落(群丛) 的生存条件中它的更新和生活持續期怎样?等等。

把自然植被做为这些或那些环境条件的标志,或者,按 Π. Γ. 拉緬斯基的話来說,做为"生长条件的尺度"来研究,也具有很大的 实践意义。这点,就是在那种情况,即地域在进一步开发,植被将 全部被消灭时,也是有意义的。

自然植物群落的指示特性經常被用于农业目的,特別是当打算把这一或那一生荒地域开垦做为农田时更是如此。正如已經指出过的,植物群落是最好的指示体,它不仅是环境的地位条件指标——土壤类型、土壤的机械組成、土壤的盐漬化程度、碱化程度、淋溶度、沼泽化程度、潜水水位等等的很好的指示体,而且也是生理上起作用的状况的很好指示体。由于这个原因土壤学家在保存有自然植被的地方进行土壤測量时,經常利用这些或那些植物群落在土壤图上划定土壤类型以及它們的变体之間的界綫。土壤学家事先借助于土坑确定这些或那些土壤类型与这些或那些植物群落类型(群丛或群丛組)的联系,以便以后在土壤测量时利用这些規律。例如,研究了植物群落在土壤被易溶盐类所盐渍化方面的指示特性,就可以根据植被测量編制土壤盐清性图。

大家知道,在目前自然植被的研究也用于地质測量。 經驗証明,許多植物群落(群丛)适应于在一定岩石上发育的土壤;在另一些情况下,群落成分配置的某些特殊細节說明这一或那一植物群

落对一定岩石的适应性。根据植被分布中的某些特征有时甚至可以判断地球表面的构造綫。 因此目前在地质航空摄影测量时, 地质学家在他們的工作中可以得到地植物学家的帮助。

关于植被的資料广泛地用于制定自然(自然地理)区划,以及农业和林业区划。

研究自然和栽培植物群落对环境条件,特别是对潜水水位、空气流动等等的影响也具有很大的实践意义。例如,在設計包括灌溉在內的水利土壤改良措施时,特別在干旱区域,非常重要的是知道不同类型植物群落的总需水量,以便計算合理的灌溉定額和避免土壤的次生盐漬化。为此目的根据植物群落各个优势成分在生长期間的生态-生理学研究,計算出整个群落在生长季节主要时期单位时間內单位面积的需水量。

估計植被(天然的和栽培的)和它做为卫生因素对人类居住环境的影响,特别是在居民点的綠化和建筑疗养区时,也非常重要。

最后必須指出,在創造人工或栽培植物群落——人工林、播种的割草場和放牧場以及一般的說播种和栽种任何作物时,有必要考虑一系列的植物群落学因素。

創造两个或两个以上成分的稳定的植物群落,而不考虑成分 之間以及成分与环境之間的相互关系是不可想象的。

如果是同样成分的种类組成,在它們一种相互配置的情况下,可以創造不稳定的結合,而在另一种相互配置的情况下——可以創造远为比較稳定的結合。在該情况下,不仅必須考虑进入或多或少复杂的(两个至多个种)栽培植物群落的种对环境条件的一定生态要求,而且必须考虑一些成分通过环境条件对另一些成分的影响。因此,配置这些成分在人工植物群落中时必須使得能够消除或减少种与种之間为了生活条件的競爭,并且尽可能促使一些种对另一些种有利。

这就是地植物学研究对国民經济的多种多样的实践意义。

(陈昌篤譯)

参考文献

- Аболин Р. И. 1914. Опыт эпигенологической классификации болот. Болотоведение, № 3—4.
- Александрова В. Д. 1948. Учение Клементса о климаксе. Ботан. журн., т. 33, № 5.
- Александрова В. Д. 1958. Проблема развития растительности в советской геоботанике. Тезисы доклада на философском семинаре. Л. (Рукопись. Ботан. инст. АН СССР).
- Алехин В. В. 1935. Основные понятия и основные единицы в фитоценологии. Сов. ботаника, № 5.
- Алехин В. В. 1936. Растительность СССР в ее основных зонах, В. кн.: Г. Вальтер—В. Алехин. Основы ботанической географии. Биомедгиз, М.—Л.
- Алехин В. В. 1938. Қлассификационные схемы растительности. Сов. ботаника, № 3.
- Берг Л. С. 1945. Фации, географические аспекты и географические зоны. Изв. Всесоюзн. геогр. общ., т. 77, вып. 3.
- Быков Б. А. 1949. Эдификаторы растительных формаций Советского Союза. Вестн. Акад. наук КазССР, № 3.
- Быков Б. А. 1957. Геоботаника, Изд. 2-е. АН ҚазССР, Алма-Ата.
- Быков Б. А. 1958. Морфологические, экологические, географические и генетические основы классификации фитоценозов. Делегатск. съезд Всесоюзн. ботан. общ. (май 1957 г.), Тез. докл., вып. IV, Секция флоры и растительности, 2, изд. 2-е, Л.
- Вернадский В. И. 1926а. Биосфера, I—II. Научн. хим.-техн. изд., Л. Вернадский В. И. 1926б. Определение геохимической энергии однолетних цветковых растений. В: Наставление для определения геохимических постоянных, 1. Изд. АН СССР, Л.
- Вернадский В. И. 1926в. О размножении организмов и его значении в механизме биосферы. Изв. Акад. наук СССР, 6 серия, т. 20, №№ 9 и 12.
- Вернадский В. И. 1934. Проблемы биогеохимии. 1. Значение биогеохимии для изучения биосферы. Изд. АН СССР, Л.
- Вернадский В. И. 1942. О геологических оболочках земли как планеты. Изв. Акад. наук СССР, сер. геогр. и геофиз., № 6.
- Викторов С. В. 1955. Использование геоботанического метода при геологических и гидрогеологических исследованиях. Изд. АН СССР, М.
- Вильямс В. Р. 1922. Естественно-научные основы луговодства или луговедение. Изд. «Новая деревня», М.
- Воробьев Д. В. 1953. Типы лесов Европейской части СССР. Изд. АН УССР, Инст. лесоводства, Киев.

- Высоцкий Г. Н. 1915. Ергеня. Культурно-фитологический очерк. Тр. Бюро по прикл. ботан., год 8-й, № 10—11.
- Высоцкий Г. Н. 1927а. Очерки о почвах и режиме грунтовых вод. Бюлл. почвоведа, №№ 1—2, 3—4, 5—8, М.
- Высоцкий Г. Н. 1927б. Тезисы о почве и влаге. (Конспект и терминология). Лесоведение и лесоводство, вып. VI. Прилож. к журн. «Лесное хозяйство и лесная промышленность», Л.
- Высоцкий Г. 1928. Омброэвапорометрические коррелятивы, пульсивность и диспульсивность infratabes и грунтовых вод. Почвоведение, № 3—4.
- (Высоцкий Г. Н.) Висоцький Ю. 1929. Курс лісознавства. III. Наука про лісову пертиненцію. Додаток до журн. «Україньский лісовод», Харків.
- Высоцкий Г. Н. 1930. Этюды по гидрологическим основам почвоведения. Бюлл. почвоведа, № 5—7, М.
- Высоцкий Г. Н. 1950. Учение о влиянии леса на изменение среды его произрастания и на окружающее пространство. (Учение о лесной пертиненции). Изд. 2-е. Гослесбумиздат, М.—Л.
- Гаузе Г. Ф. 1944. Некоторые проблемы химической биоценологии. Усп. совр. биол., т. 17, вып. 2.
- Гейгер Р. 1931. Климат приземного слоя воздуха. Сельколхозгиз, **М.**—Л.
- Геоботанические методы при геологических исследованиях. 1955. Тр. Всесоюзн. аэрогеолог. треста Мин. геол. и охр. недр, вып. 1, М.
- Геоботаническое районирование СССР. 1947. Тр. Ком. по естественноистор. районир. СССР, т. II, вып. 2, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Гордягин А. Я. (1921) 1922. Растительность Татарской республики. В кн.: Географическое описание Тат. ССР. Часть І. Природа края. Госиздат. Казань.
- Городков Б. Н. 1944. Учение о сукцессии и климаксе в геоботанике. Природа, № 3.
- Городков Б. Н. 1946. Опыт классификации растительности Арктики. Сов. ботаника, №№ 1, 2.
- Гребенщиков О. 1957. Вертикальная поясность растительности в горах восточной части Западной Европы. Ботан. журн., т. 42, № 6.
- Докучаев В. В. 1892. Наши степи прежде и теперь. СПб.
- Докучаев В. В. 1899. К учению о зонах природы. СПб.
- Долуханов А. Г. и М. Ф. Сахокиа. 1941. Опыт геоботанического районирования Закавказья. Сообщ. Акад. наук ГрузССР, т. II, № 4.
- Дохман Г. И. 1936. О некоторых классификационных единицах комплексов. Землеведение, т. XXXVIII, вып. 3.
- Еленевский Р. А. 1936. Вопросы изучения и освоения пойм. Изд. ВАСХНИЛ, М.

- Еленевский Р. А. 1940. Горные луга Евразии как ландшафтно-географическое явление. Землеведение. Сб. Моск. общ. испыт. природы. Нов. сер., т. I (XLI) М.
- Ильинский А. П. 1935. Высшие таксономические единицы в геоботанике. Сов. ботаника, № 5.
- Ильинский А. П. 1937. Растительность земного шара. Изд. АН СССР, $\mathbf{M.--}\mathbf{J}$.
- Исаченко Б. Л. 1939. Пурпурные серобактерии с нижних границ биосферы. В сб.: Президенту АН СССР акад. В. Л. Комарову, Изд. АН СССР.
- Кац Н. Я. 1943. На пути к познанию структуры лесных фитоценозов. Ботан. журн. СССР, т. 28, № 4.
- Кац Н. Я. 1957. К вопросу о взаимоотношениях между растениями. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы. Отд. биологии, т. LXII, вып. 4.
- Кашкаров Д. Н. 1938. Основы экологии животпых. Медгиз, М.—Л.
- Келлер Б. А. 1923. Растительный мир русских степей, полупустынь и пустынь. Очерки экологические и фитосоциологические. Вып. 1. Введение. Общая часть. Тр. Гос. солонцово-мелиорат. инст., 1, Воронеж.
- Келлер Б. А. 1932. Методология геоботаники в строительстве социализма. В: Программы для геоботанических исследований. Изд. АН СССР, Л.
- Комаров Н. Ф. 1940. Идея развития и теория подвижного равновесия в современной геоботанике. Сов. ботаника, № 5—6.
- Коржинский С. И. 1888 и 1891. Северная граница черноземностепной области восточной полосы Европейской России в ботанико-географическом и почвенном отношении, І и ІІ. Тр. Общ. естествоиспыт. при Казанск. унив., т. 18, вып. 5; т. 22, вып. 6.
- Корчагин А. А. 1946. К вопросу о принципах классификации лесных группировок. Сб. научн. работ, выполнен. в Ленинграде за три года Великой Отечеств. войны (1941—1943), Ботан. инст. АН СССР, Лениздат, Л.
- Корчагин А. А. 1956. К вопросу о характере взаимоотношений растений в сообществе. В сб.: Академику В. Н. Сукачеву к 75-летию со дня рождения, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Крашенинников И. М. 1922. Цикл развития растительности долин степных зон Евразии. Изв. Геогр. инст., вып. 3.
- Крашенинников И. М. 1923. Киргизские степи как объект ботанико-географического анализа и синтеза. Изв. Гл. ботан, сада РСФСР, т. XXII, вып. 1.
- Лавренко Е. М. 1940. Степи СССР. Растительность СССР, II, Изд. AH СССР, М.—Л.
- Лавренко Е. М. 1944. Очередные теоретические задачи советской гео-

- ботапики. Сов. ботаника, № 4—5.
- **Лавренко Е. М.** 1945. Значение биогеохимических работ акад. Вернадского для познания растительного покрова Земли. Природа, 5.
- Лавренко Е. М. 1947. Об изучении эдификаторов растительного покрова. Сов. ботаника, № 1.
- Лавренко Е. М. 1949. О фитогеосфере. Вопр. географии, сб. 15, Географгиз, М.
- Лавренко Е. М. 1952. Микрокомплексность и мозаичность растительного покрова степей как результат жизнедеятельности животных и растений. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. III, Геоботаника, вып. 8.
- Лавренко Е. М. 1958. Успехи и основные задачи изучения ботанической географии СССР и сопредельных стран. Изв. Акад. наук СССР, сер. биолог., № 4.
- Лесков А. И. 1943. Принципы естественной системы растительных ассоциаций. Ботан. журн. СССР, т. 28, № 2.
- (Липпмаа T.) Lippmaa T. 1935. La méthode des associations unistrales et le système écologique des associations. Acta Inst. et Horti botan. Univ. Tartuensis, vol. IV, fasc. 1—2. Tartu.
- Липпмаа Т. М. 1946. О синузиях. Сов. ботаника, № 3.
- Мак-Дуголл В. Б. 1935. Экология растений. Учпедгиз, М.
- Марков М. В. 1955. Вопрос о взаимоотношениях между растительными организмами, входящими в состав растительного сообщества. Ботан. журн., т. 40, № 2.
- Марков М. В. 1958. О доминантах фитоценоза по работам советских геоботаников. Ботан. журн., т. 43, № 4.
- Морозов Г. Ф. 1912. Учение о лесе. Вып. 1. Введение в биологию леса. СПб.
- Морозов Г. Ф. 1949. Учение о лесе. Изд. 7-е Гослесбумиздат, М.—Л. Ниценко А. А. 1957. Рецензия на кн.: Л. Г. Раменский, И. А. Цаценкин, О. Н. Чижиков, Н. А. Антипин. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. Ботан. журн., т. 42, № 7.
- Ничипорович А. А. 1955. Световое и углеродное питание растений фотосинтез. Изд. АН СССР, \mathbf{M} .
- Пачоский И. К. 1910. Современные задачи изучения растительного покрова. Зап. имп. Общ. сельск. хоз. Южной России, вып. 3.
- Пачоский И. К. 1917. Описание растительности Херсонской губернии. II. Степи. Матер. по исслед. почв и грунтов Херсонской губ., вып. 13, Херсон.
- Пачоский И. К. 1921. Основы фитосоциологии. Херсон.
- (Погребняк П. С.) Pogrebnjak P. S. 1929. Über die Methodik der Standorts-Untersuchungen in Verbindung mit Waldtypen. Verh. II. Intern. Kongr. forstl. Versuchanstalten.

- Поплавская Г. И. 1924. Опыт фитосоциологического анализа растительности целинной заповедной степи Аскания-Нова. Журн. Русск. ботан. общ., т. 9.
- Попов Т. И. 1914. Происхождение и развитие основных кустов в пределах Воронежской губ. (Геоботанический очерк). Тр. Докучаевск. почвен. комитета, вып. 2, Пгр.
- Прозоровский А. В. 1936. Причины горизонтальной зональности растительного покрова. (В порядке обсуждения). Сов. ботаника, № 1.
- Работнов Т. А. 1950а. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии. В сб.: Проблемы ботаники, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Работнов Т. А. 1950б. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. III, Геоботаника, вып. 6.
- Работнов Т. А. 1958. К методике составления экологических шкал. Ботан. журн., т. 43, № 4.
- Раменский Л. Г. 1925. Основные закономерности растительного покрова и их изучение. Вестн. опытн. дела (за 1924 г.), Воронеж.
- Раменский Л. Г. 1937. Учет и описание растительности (на основе проективного метода). Изд. Всесоюзн. акад. с.-х. наук, М.
- Раменский Л. Г. 1938. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. Сельхозгиз, М.
- Раменский Л. Г. 1952. О некоторых принципиальных положениях современной геоботаники. Ботан. журн., т. 37, № 2.
- Раменский Л. Г., И. А. Цаценкин, О. Н. Чижиков, Н. А. Антипин. 1956. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. Сельхозгиз, М.
- Роде А. А. 1955. Почвоведение. Гослесбумиздат, М.—Л.
- Соколов С. Я. 1937, 1938. Успехи советской лесной геоботаники. Сов. ботаника, № 6 (1937), № 1 (1938).
- Соколов С. Я. 1947. Фитоценотические типы. Докл. Акад. наук СССР, Нов. сер., LV, № 2.
- Соколов С. Я. 1956. Типы борьбы за существование среди растений. В сб.: Академику В. Н. Сукачеву к 75-летию со дня рождения, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Сочава В. Б. 1930. Пределы лесов в горах Ляпинского Урала. Тр. Ботан. музея АН СССР, вып. 28.
- Сочава В. Б. 1944. Опыт филоценогенетической систематики растительных ассоциаций. Сов. ботаника, № 1.
- Сочава В. Б. 1945. Фратрии растительных формаций СССР и их филоценогения. Докл. Акад. наук СССР, т. 45, № 1.
- Сочава В. Б. 1948. Географические связи растительного покрова на территории СССР. Уч. зап. Ленингр. гос. педагог. инст. им. А. И. Герцена, т. 73.

- Сочава В. Б. 1958. Главнейшие достижения в области картографии растительности СССР за 40 лет. Изв. Всесоюзн. геогр. общ., т. 90, вып. 2.
- Станюкович К. В. 1955. Основные типы поясности в горах СССР. Изв. Всесоюзн. геогр. общ., т. 87, вып. 3.
- Сукачев В. Н. 1928. Растительные сообщества. (Введение в фитосоциологию). 4-е изд., Изд. «Книга», Л.—М.
- Сукачев В. Н. 1938. Главнейшие понятия из учения о растительном покрове. Растительность СССР, І, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Сукачев В. Н. 1942. Идея развития в фитоценологии. Сов. ботаника, № 1—3.
- Сукачев В. Н. 1944. О принципах генетической классификации в биоценологии. Журн. общ. биол., т. V, вып. 4.
- Сукачев В. Н. 1945. Биогеоценология и фитоценология. Докл. Акад. наук СССР, т. XLVII, № 6.
- Сукачев В. Н. 1947. Основы теории биогеоценологии. В сб.: Юбилейный сборник, посвященный 30-летию Великой Октябрьской социалистической революции, ч. 2, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Сукачев В. Н. 1950. О некоторых основных вопросах фитоценологии. В сб.: Проблемы ботаники, І, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Сукачев В. Н. 1954. Некоторые общие теоретические вопросы фитоценологии. В сб.: Вопросы ботаники, І, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Сукачев В. Н. 1956. О некоторых современных проблемах изучения растительного покрова. Ботан журн., т. 41, N 4.
- Сукачев В. Н. 1957. Общие принципы и программа изучения типов леса. В сб.: Методические указания к изучению типов леса, Изд. АН СССР. М.
- Тимофеев-Ресовский Н. В. 1958. Микроэволюция. Элементарные явления, материал и факторы микроэволюционного процесса. Ботан. журн., т. 43, № 3.
- Титов И. А. 1934. Последствия жизнедеятельности растительных сообществ. Сельхозгиз, М.
- Титов И. А. 1952. Взаимодействие растительных сообществ и условий среды. Проблема развития георастительных систем. Изд. «Советская наука», М.
- Чернобривенко С. И. 1956. Биологическая роль растительных выделений и межвидовые взаимоотношения в смешанных посевах. Изд «Советская наука», М.
- Шенников А. П. 1929. О конвергенции среди растительных ассоциаций. Сб.: Очерки по фитосоциологии и фитогеографии, Сельхозгиз, М.
- Шенников А. П. 1937. Теоретическая геоботаника за последние 20 лет, Сов. ботаника, № 5.
- Шенников А. П. 1938а. Дарвинизм и фитоценология. Сов. ботаника,

- Шенников А. П. 19386. Луговая растительность СССР. Растительность СССР, I, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Шенников А. П. 1942. Природные факторы распределения растений в экспериментальном освещении. Журн. общ. биол., т. III, вып. 5—6.
- Шенников А. П. 1956. Заметки о методике классификации растительности по Браун-Бланке. Сб.: Академику В. Н. Сукачеву к 75-летию со дня рождения, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Шенников А. П. 1958. О некоторых спорных вопросах классификации растительности. Ботан. журн., т. 43, № 8.
- Ярошенко П. Д. 1953. Основы учения о растительном покрове. **2**-е изд. Географгиз, М.
- Billings W. D. 1957. Physiological ecology. Ann. Rev. Plant Physiol., vol. 8.
- Braun-Blanquet J. 1951. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 2. Aufl. Wien.
- Braun-Blanquet J. 1955. Zur Systematik der Pflanzengesellschaften. Mitt. Floristisch-sociologischen Arbeitsgemeinschaft, N. F., Bd. 5. Stolzenau (Weser).
- Braun-Blanquet J., J. Pavillard. 1922. Vocabulaire de sociologie végétale. Montpellier.
- Clements F. E. 1916. Plant succession. Carnegie Inst. Washington.
- Clements F. E. 1928. Plant succession and indicators. New York.
- Clements F. E. 1936. Nature and structure of the climax. Journ, Ecology, vol. XXIV, № 1.
- Clements F. E. 1949. Dynamics of vegetation. New York.
- Du-Rietz G. E. 1930. Vegetationsforschung auf soziationsanalytischer Grundlage. Handb. d. biol. Arbeitsmeth., Abt. XI, Teil 5, H. 2. Berlin.
- Du-Rietz G. E. 1931. Life-forms of terrestrial flowering plants. Acta phytogeogr. suecica, III, 1.
- Ellenberg H. 1952. Landwirtschaftliche Pflanzensociologie. Bd. II. Wiesen und Weiden und ihre standörtliche Bewertung. Ludwigsburg.
- Ellenberg H. 1956. Angaben und Methoden der Vegetationskunde. In: H. Walter. Einführung in die Phytologie, Bd. IV, Teil 1. Stuttgart.
- Gams H. 1918. Prinzipienfragen der Vegetationsforschung Ein Beitrag zur Begriffsklärung und Methodik der Biocenologie. Vierteljahrsschr. d. Naturforsch. Ges. in Zürich, Bd. LXIII.
- Grümmer G. 1955. Die gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen— Allelopathie. Jena.
- (Grümmer G.) Грюммер Г. 1957. Взаимное влияние высших растений-

- аллелопатия. Изд. иностр. лит., М.
- Schmid E. 1957. Ein Vergleich der Wuchsformen im illyrischen Buchen- und Laubmischwald. Ber. über das Geobotan. Forschungsinst. Rübel in Zürich f. d. Jahr 1956. Zürich.
- Suess E. 1875. Die Entstehung der Alpen. Wien.
- Tansley A. G. 1939. British ecology during the past quartercentury; the plant community and the ecosystem. Journ. Ecology, vol. 27, № 2.
- Tansley A. G. 1946. Introduction to plant ecology. A guide for beginners in the study of plant communities. London.
- Walter H. 1951. Standortslehre (analytisch-ökologische Geobotanik). Stuttgart.
- Walter H. 1954. Klimax und zonale Vegetation. Angewandte Pflanzensociologie, Festschrift Aichinger, Bd. 1.
- Walter H. 1955. Die Klimagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke. Ber. Deutsch. botan. Ces., Bd. LXVIII, H. 8.

植物群落自然条件的研究

地植物学研究时的地貌观察

Н. Н. 索科洛夫(Соколов)

(苏联科学院航空方法研究室)

引言

在影响植被性质的各种自然因素中,地形占有很重要的地位。 但它对植被的影响不是直接的,而是間接的。这表現在,地形的 变化引起其它自然因素,例如气候、土壤和水文条件等的变化,这 些因素对植被的影响便是直接的了。因此,认識地貌条件对地植 物学家有重大的意义。

依地形要素的大小以及一般的、地带性的和地理的条件的不同,上述变化可能具有不同的規模和性质。在大地形条件下,例如在山地,大地形要素的迅速更替也引起植被性质的頗大改变,表現为垂直带性(地带性),也就是說在不同高度上形成不同的植物垂直带。如果是中地形,例如在被河谷切割的平原上,可看到不同地形要素上植被有很大的差异。例如,草原地带分水界的草原群系沿河谷常常为森林所代替。小地形——碟形地、小壠崗、圆丘、浅凹地等也有非常重要的意义。虽然这类地形形态的影响在所有地理緯度上都有表現,但它們影响植被的性质和程度在不同地带,例如在秦加林或干草原地带,强烈地改变着。

从上述可清楚看出,在地植物学研究时,必須研究存在于植被 和地形要素之間的多种多样的依賴形式。必須查明植被按地形分 布的規律性,研究不同地形要素的植被,而在植被相似的情况下, 确定它的地方性特征。同时,必須观察植被对地形的形成和变化的影响。观察植被参加河漫滩上自然堤的形成,观察林带对减弱土壤表面侵蝕和延緩冲沟发育的影响,观察当泥炭沼泽发育时河間地面的升高等等。在研究微地形要素时,地植物学观察尤其有益,因为,常常只有根据群丛的更替(例如小的草原碟形地等等)才能闡明微地形要素。

关于进行野外地貌观察的一般說明

在出发到野外之前,就应根据現有的地貌資料和地质資料,并借助于地图,开始了解研究地域的地貌条件。这时,除了专門地图(地貌、地质的)外,还必須研究較詳細而准确地反映地形的尽可能較大比例尺的地形图(1:100,000以上)。特別重要的是航空摄影資料(照片,略图,平面图),它們提供出地方(местность)和地形的清晰图景。根据这些資料还可以在出发去野外之前,描繪出主要地形要素以及地形和不同植物群落的联系。同时,根据航空照片可以判断一般景观条件,因而,也可以判断地形对植被的間接影响,例如通过地面岩石和土壤的更替(图1和图2)。当同一个地域具有在不同年份获得的航空照片时,可以判断地形的某些迅速的改变,特别是在形成冲沟,河漫滩和基岸侵蝕、沙地吹揚等等情况下,侵蝕和风蝕过程所造成的变化(图3和图4)。地形的这些变化伴随着植被的破坏。

在野外調查时,通常开始时应稀疏地穿过被研究的地方跑几条勘察路綫,而如果有可能,则应进行航空目視观測。在后一种情况下,得以用眼扫視一下全部地方并在其上看到在地面調查时往往难于发現的許多細节和特征。如果研究面积很大,航空目測还必須按照一定的計划,即按穿过主要地形要素(河谷,分水界)的断面进行,并且順着各要素进行——以便查明沿它們的"走向"的变化。在这种情况下作斜交相片是非常有用的。所得到的結果不仅必須登記在日記簿上,而且也必須在地形图上标出。同时,应該判



图 1 苏多姆高地(普斯科夫州) 具有湖泊的壠崗-丘状冰川 地形(苏联科学院航空方法研究室的航空照片)

讀已有的航空照片,也就是在照片上确定地形特征以及**与地形**相 联系的景观要素和植被要素。

由于从空中观察的結果,研究者調查获得关于該地方的完整的概念,这样就有可能准确地規定地面上的路綫和必須进行較詳細研究和进行大比例尺制图的典型地段。最后,根据航空目測,可以編繪出当地的地貌概略图。例如,在草原,就可在地图上分出河谷、寬阶地、分水界、大于沟等等。

如果不可能进行航空目測,那么就作地面路綫調查(用汽車比較方便)。

象航空目測一样,地面路綫也应該这样决定,使得能够获得关于研究地域地形的基本特点和在不同部分它們的变化的概念。地



图 2 北哈薩克斯坦平原上的碟形地地形。在碟形地中可看到樺树丛林和环繞着沼泽和盐土的林带(苏联科学院航空方法研究室的航空照片)

形的分析从早先研究得較好的地段开始要比較方便。路綫网的密度既依賴于研究本身的詳細程度,又依賴地形的性质。因此,路綫的密度决定于地形形态的或多或少复杂性和多样性程度。应該认为,中比例尺 (1:100000—1:200000) 或大比例尺 (1:25000—1:50000)是最通行的比例尺。如果是一致的平緩的地形,根据研究的詳細程度,設置几条稀疏的断面路綫(有时每隔几十公里)已够;在不一致的,"变化多端"的地形的情况下,除了距离相隔較近的一些横断面之外,还要作纵向路綫調查,例如沿河谷和分水界。

在平原地区,在最后一次冰川作用带的丘陵-湖泊高地上观察



图 3 山疏松的赫瓦伦岩石組成的年青隆起上的 新月形沙丘地形。土庫曼东南部的滨里海低地(苏联科学院航空方法研究室的航空服片)

到最多种多样的,不一致的地形;至于山区,那么最复杂的地形是强烈切割的古老山地(如象烏拉尔)的特征。在考虑微地形(对地植物学家来說这是完全必要的)时,在不同的地理地带和地区,都可看到复杂的地表。

不言而喻, 对地形的比較詳細的观察, 必須在設置在水准測



图 4 土庫曼西部大巴尔汉山的南坡(照片上部); 古第四 紀的洪积裙(坡麓); 白綫是公路; 具龟裂土白色斑点的里海 赫瓦伦阶地(照片的右下角); 流入烏茲博伊古谷的冲沟(苏 联科学院航空方法研究室的航空照片)

量剖面上的地植物剖面上进行;这样使我們有可能准确地确定植物群落与地形要素的一定联系。在这样的剖面上不仅可以清楚地表示地面的較大的輪廓,而且也可以表示微地形(碟形地,圓丘,小长丘等)。如果沒有专門的水准測量,就必須根据精确的地形图尝試制作剖面,还要借助于測斜仪和罗盘仪上的鉛垂亲自測定相对高度、斜坡坡度等。

在断面路綫的密度很大的情况下,特别是在山地,結合几条断

面編制水准剖面很有好处。在这种情况下,清楚地表現出地表最发育的特点,但"例外的"地形要素則不能包括进去。

路綫調查时,应在图上标出最重要的地形特点(当然要考虑到比例尺,研究的詳細程度),因为植物群落的更替通常也是与这些地形特点相一致:例如河流和湖泊阶地,基岸,分水界的斜坡,残丘,干沟等。以这种方式可以編制野外地貌图;在这种情况下,如上所述,除了地形图、剖面和亲自的观察以外,还可利用航空測量資料,借助于这种資料可以最准确地标出不同地形要素的界綫。已經說过,这时最好拥有事先編制的地貌概略图,而且图上有根据航空照片划出的基本地形要素界綫。

无論在上述的路綫調查中,或者在典型地段——进行詳細观察和編制詳細地貌图的"索引地段"(ключ),都应进行地形的研究;地貌图和土壤图一起是地植物图的重要基础。在定位研究的情况下应該特別詳細地研究地形。在这一切場合下,除了編制詳細的地貌图以外,还必須闡明在不同季节的地貌过程的进程,同时尽可能配合一些必要的測量,例如測冲沟的发展,土壤的冲刷,喀斯特地形的发育,河漫滩地形的变化等等。

如果当地地形原先已有很好的描述,就可以只限于根据地植物学目的的需要的程度补充細节和訂正資料(例如,在微地形方面),当缺乏地貌图或現有图的比例尺太小时,則編制地貌图。必须記住,在比較詳細的研究中,得以发現許多在粗放工作中所不能考虑到的地形特性。

当研究地域的地貌資料缺乏或不足时,地植物学家不能不自己查明地形的許多特性,从它的基本要素开始。在这种情况下,必须借助于地形图和航空照片,首先記載各个形态(φορм)的外部特点(輪廓),尽可能較准确地指出它們的大小(高度,长度,寬度),分布情况和对于較大要素(河谷,分水界,低地和高地)的适应性,以及較小形态(碟形地,浅凹地,圆丘等)的密度和頻度。

描述地形形态时,应指出它們的結构,也就是地表和深处的岩石。为此,利用深的土壤剖面,河、溪两岸及冲沟两斜坡的露头和

人工剖面(凹槽,采石場,青貯窖)以及钻探資料等等是很重要的。 应該記住,只有知道了地形形态的結构,才有可能判断它們的成 因;在描述地形时仅仅根据外部地形特点,常常会获得关于地形的 不正确的概念,因为不同成因和发育的形态常常具有同样的外形。 例如,外形和大小相似的壠崗可能是冰川作用的結果而产生,也可 能是在侵蝕或风化过程的影响下而产生。例如在卡累利阿可以观 察到冰川成因的窄壠崗,就形态和大小而言与古代的冰期前壠崗 (主要是在古代侵蝕和风化过程的影响下产生)非常相似。当研究 这些或那些壠崗的結构时,就很容易发現它們的差別:第一种由 具漂砾的砾石—卵石沉积物組成,第二种是由結晶岩組成。

同时,为了认識当地的地形特性以及不同形态的发生和发展,对个别形式或在大地形的不同小地段进行片断的观察是不够的。需要研究在发生上彼此有联系的地表要素的全部总体,追溯在大面积(大距离)上的地表大的特点(大谷地、分水界等)。只有这样,才能获得关于整个形态綜合体(景观)的特点的概念,由此也可以理解各个形态的成因。例如,研究河谷时,必須在大小和結构上显然不同的地段观察河谷的不同要素(阶地,河岸)。在丘陵地段研究冰川形态时,不仅需要查明各个丘陵的特性,而且也需要查明它們全部总体的特性。此外,在这种情况下必須对比具有丘状、波状和平緩地表的相邻的各种各样地段的地貌条件,因为这里在冰川时期會經发生过有賴于冰川或冰川水的不同的过程,其結果,举例来說,在冰川边緣形成丘陵-湖泊地段,由冰流造成的冰水平原,在冰川水体的地方形成平緩的平原。

对比大河河谷的各級阶地,使我們有可能作出关于河流堆积作用的变化的結論,这种結論由不同阶地上冲积物的不同組成、阶地的寬度和冲积层的厚度得到証明。同时,从年青阶地过渡到古阶地时,可以观察到它們的逐漸夷平的情况:在河漫滩阶地上数量很多的旧河床在第 I 級超河漫滩阶地上已經比較不明显,在比較老的高阶地上則完全不易觉察了。在另外的情况下,在河谷剖面的大大加寬处可以看到湖相的沉积(粘土,壤土),使我們能够判

断产生这一地段的阶地时原来的湖泊过程。常常可以确定河谷的 加寬和縮小与疏松基岩和致密基岩的更替的联系:在易于冲刷的 疏松岩石中,側蝕表現得比較强烈,这引起河谷的加寬,而在致密 的岩石中通常产生狭窄的峽谷状河谷。

最簡单的地形条件通常在草原和森林草原低地中观察到,那里平緩的分水界与結构单調的谷地相交替,例如,象在中俄罗斯高地以西的德聶伯河低地和以东的奥卡河-頓河低地。这里有着不对称的河谷,一面是基岸直接屹立于河上,另一面則从河漫滩阶地开始,分布着一系列頗为寬闊的阶地,然而,就是在这里,在比較仔細地观察时,也可看到数量很多的微地形和中地形形态,它們以旧河床和碟形地的形式出現在河漫滩和第一級超河漫滩阶地上,以河川沙丘和特別是大量洼地、小长丘(потяжина)和小圓丘等形式出現在古阶地和分水界上。

在野外調查时,航空測量資料有很大的帮助,特別是在难以到 达的地方(冻原,高山)和森林掩蔽之下地形形态表現微弱的平原 地方。航空照片,使我們有可能甚至根据稀疏的調查路綫,也可通 过相似地形要素的分析来判断頗大地域的地形。

查明地形形态的发生和发展特性常常是一項复杂的任务,这不仅是因为这些形态的結构并不是已經十分清楚(由于自然的和人工的剖面,特別是钻孔,的数量不多),而且还因为它們是在不同过程的,有时是在长期的作用下所发生的;应該认为这样的形态是异质的(гетерогенный)和异时的(гетерохронный)。这样的情况較常出現在古老的山地,例如烏拉尔和表面被强烈切割的卡累利。这里可以观察到冰川的和冰水的形态叠加在古老的,冰前的侵蚀成因的形态上;可是,后者同样在冰川时期的过程的影响下曾經經受了某种改变。不是在現代过程的作用下,而是在过去起作用的过程(例如冰川过程)的作用下产生的形态的成因也很难认識;在这种情况下,只有提出假說。大平原河流的河谷在很大程度上也是如此;这种还在冰川时期以前就已产生的河谷,經受过冰川和冰水的作用,以及最近的侵蝕过程的作用。

还必須指出形态的次生改变,例如,象在冰川壠崗和丘陵的泥流作用的影响下发生的冲刷和下切,河谷的被泥沙淤塞,谷坡和阶地被支流、干沟、冲沟所切割等等。

除了剝蝕过程以外,常常还必須考虑最新內营力(造陆运动和构造运动)的影响,这在山区特別明显。地壳上升不但使整个地方升高,而且也使河谷重新下切,因而河谷在这里具有峡谷的性质;在狭窄的峡谷中只保留着高阶地的悬崖。同时,关于上述現象只

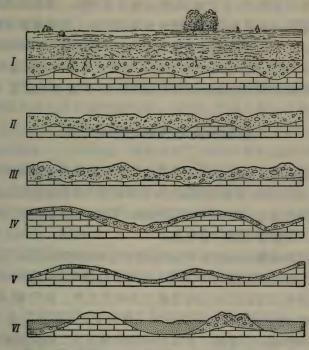


图 5 表示基岩和冰川沉积物之間的不同关系的 剖面 图 (根据 Lobeck, 1939)

I ——底碛冰川沉积物的平坦地形,沒有侵蝕过程的特征; Ⅲ——受到侵蝕过程的影响的底碛冰川沉积物地形; Ⅲ——沒有侵蝕形态特征的丘陵-冰碛物地形; Ⅳ——制約于基岩面的地形;冰川沉积物已稍有侵蝕; Ⅴ——制約于基岩面的地形,具薄层冰川沉积物; Ⅵ——制約于基岩面与冰川沉积物之間的不同关系的地形; 示冲积物所填塞的低地。 能根据研究該地貌区域地形的一般特性,加以判断。

当闡明地形形态的特性时,也可认識會經参加过地形的形成和发展的內力过程或外力过程的各种不同的类型。同时,必須考虑依地形形成过程强度和地质构造特性为轉移的形态发育性质和速度(图 5)。例如,在气候足够湿潤的条件下,如果有頗大的地表逕流,特別是如果地表有明显的傾斜(这时流水的侵蝕力显著增长)侵蝕过程就强烈地进行。这样的現象首先是在第三紀末和在第四紀會大量隆起(几千米)的高山地区观察到。过程的持續时間也具有意义。长时期的隆升导致大山的形成;剝蝕过程(侵蝕过程,风化等)的长期作用致使較古老的山破坏成为平坦地形;在这种条件下,就是微不足道的現代的高地也是与最新的隆起相联系,这种最新隆起使山地毁坏后的平坦地面破坏"返老还童"。

低地和高地侵蝕地形的研究

侵蝕过程,风化过程以及其它剝蝕过程的巨大能力引起地表的切割,特別在山地更为明显。如前面所述,侵蝕地形的最簡单的情况可以在低地(例如黑海沿岸低地)观察到,那里在平行的河谷之間分布着輕微切割的分水界。

在河流网和河谷以及干沟(包括在另外地理条件下产生的"半死半活"的河谷和死河谷)系統大量发育的情况下,根据与主谷和分水界的关系可以区分出好几級河谷和分水界。最后 結果 是 在 "完整的"、未切割的分水界上形成大量的窄长丘和脊以及 个别的 残峰。这特别是古老的、在最近时期部分还童了的山地所特有的 現象。在平原,高地(例如伏尔加河沿岸高地,中俄罗斯高地以及外伏尔加河高地范围内),也可以观察到类似的现象。

如前所述,在侵蝕地形的最簡单的情况下,研究它們并不复杂,并且可以借助于橫剖面来实現。如果是較复杂的侵蝕地形,例如在上述的高地上,那么进行地貌观察就較困难。这里,大比例尺地形图可以提供不可估价的帮助。在这种情况下航空照片更是

特別有用。当利用尽可能詳細的地形图时,在地貌图上可以表示 出河谷、干沟和它們之間的分水界的复杂系統,以及在分水界被强 烈切割之后产生的个別壠崗、残峰。为了查明在最近时期地形的 变化,大約100年前为許多州所編制的三俄里比例尺地图很有用 处,在这些图上地形非常准确地,并且借助于細綫条表示出来。

研究侵蝕形态时应注意基本地形要素和伴随它們的比較小的 地表特点,以及組成它們的沉积物:河谷中的河流阶地,不同結构 和性质的分水界。

如果橫越具有大河谷的低地,进而通过邻近的高地而达分水 界的軸部,那么,通常可以观察到下列地形要素:

- 1. 在低水位和平水位时出露的、由沙子組成的河流浅滩。
- 2. 在近河床部分具有現代自然堤和古自然堤的河漫滩,有时在河漫滩中間也具有堤間低洼地;有时自然堤上有沙丘和沙质小圆丘(具有被吹揚来的沙子),河漫滩中間分布有具湖泊和沼泽的河床状低洼地——牛軛湖。随着地形形态的更替和离河 床 較远,地表沉积物的組成也发生改变,这种沉积物同样也依河流的状况而变化。离河較远自然堤上的沙子常常为沙壤土和壤土所代替。較大的河流把沙(以及沙壤)物质沉积在河漫滩上,小河所沉积的則主要是粉砂,壤质冲积物。壤质沉积是在湖泊地点产生的河漫滩的湖状加寬处的特点。在河漫滩的剖面中可以观察到沙土沉积(河床相)被壤质沉积和沾土沉积(河漫滩相和牛軛湖相)代替(自

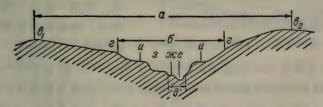


图 6 河谷的形态結构(根据"旅行家和地志家指南",第二卷,1950年) a——河流盆地的寬度, 6——河谷的寬度, B₁——尖突分水界, B₂——平緩分水界, r——谷緣(折叠点), Д——谷地河漫滩部分的寬度, e——河床, ж——河漫滩阶地, 3——第 I 級超河漫滩阶地, и——第 II 級超河漫滩阶地。

下而上)的情况。河漫滩地形的一切变化,一直到最微小的形态(低矮小长丘,細小的碟形地和洼地),都可明显反映在植被的更替上,这既与河漫滩地形不同要素上潜水水位的明显变化相联系,也与地表沉积物性质的更替相联系(图6一9)。

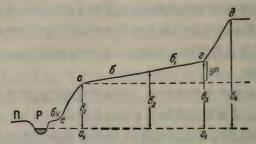


图 7 河流阶地的形态(根据"旅行家和地志家指南",第二卷,1950年) p——河床; 64——釋路; п——河漫滩; a——谷 緣 或超河漫滩 阶地的外緣; д——同上,另一級 較 高 的 阶 地; ar——阶地面; r——超河漫滩阶地的后緣或內緣; ea 和 rд——阶地 坡 面 或 陡 崖; ar—r;——阶地宽度; a6——阶地 面 的 前 部; 661——阶地面的中部; 617——阶地面的后部; B1——阶地的最小高度; B2——阶地的中等高度; B8——阶地的最大高度; УП——阶地面的比降 (УП=В3—В1); В4——較高一級超河漫滩阶地的高度。

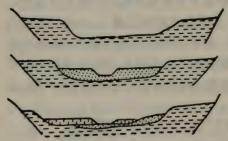


图 8 下切阶地图式(根据 Мартонн, 1945)

3. 超河漫滩阶地。 这里,从低阶地到較高阶地,可以观察到河漫滩成 因的原生形态的逐漸消失 和地表沉积物組成的变 化。在第一級超河漫滩阶 地上,特别是在它的相对 高度很小的情况下,地形

在許多方面还与河漫滩地形相似: 自然堤、 牛 軛 湖表現得很明显¹⁾。較高阶地的表面通常比較平緩,均匀,这里常常在表面覆盖

¹⁾ 常常第1級超河漫滩阶地很难与高河漫滩分开,虽然实际上它們之間存在重大的差別,在超河漫滩阶地上发育了土壤,这說明了它的形成过程的結束。只有当河流状况改变(例如在森林大量砍伐之后)时,超河漫滩阶地有时才开始被淹沒,同时土壤被新的冲积层覆盖起来。

着一层类黄土沉积物。超河漫滩阶地常常由砂子,主要是細小的砂子組成;这些沙在局部地方被吹揚成沙丘和圓丘,这些形成物一部分是古代的,没生着植被;一部分是現代的,分布在裸露的地段。草原河流的高阶地則被类黄土壤土和黄土所覆盖。具陡坡的高阶地其边綠常常为冲沟和干沟所切割。上面也有个別残丘突起,它們是在基岩或較高阶地被冲刷的情况下形成的。然而,就是在高阶地上也有古自然堤和牛軛湖河床的残存;后者充滿着湖

4. 基岸。根据高度, 坡度 和依其結构及对河流和阶地的 位置关系的切割情况, 可以把 基岸明显地区分出来。河上的

泊和沼泽。

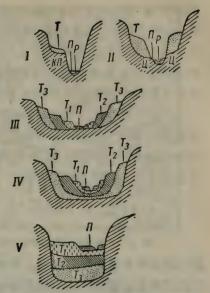


图 9 河流阶地的类型(根据"旅行家和地 志家指南",第二卷,1950年) I —— 侵蝕阶地, II ——基底阶地或侵 蚀-堆积阶地, II —— 順倚堆积阶地, II —— 堆积嵌入阶地, II —— 堆积埋藏阶地。 P——河床, II——河漫滩; II—— II3—— 超河漫滩阶地或相应 II0 地 的 冲积 II3,II1 —— 基岩的基底; II1 —— 基岩。

陡岸通常受到淘刷, 并常常因滑坡和崩塌而复杂化; 滑坡常形成局部的阶地陡坡。这类河岸的外形也决定于組成岩石的性质。邻近高阶地的基岸以小的相对高度和保守性为特征, 因为它很早就摆脱了河流(和河流泛滥)作用的范围。在这里, 只可以观察到于沟和冲沟的切割,在其它条件相等的情况下,这种干沟和冲沟的切割在比较高的岸以及疏松的类黄土的和砂质的岩石要强烈得多(图10)。同时在基岸上通常覆盖着一层第四紀沉积物套——或者是被覆壤土(在冰川作用前期的带),或者是类黄土壤土和黄土[在低地沼泽林带(полесье)以南]。

低地的分水界被旁谷、干沟和冲沟所切割。这里局部地方的

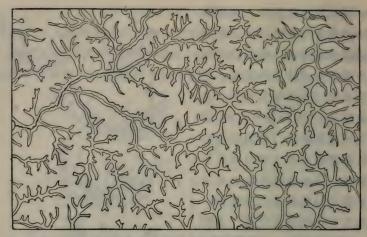


图 10 中俄罗斯高地的冲沟-干沟网(根据Карандеева, 1957)

第二級分水界通常是平坦的,有大量的洼地——从小的碟形地到 干沟頂的寬闊盆地。所有这些地形要素都明显地表現在植被的变 化上,首先是由于地表湿潤和潜水情况的差异。苏联欧洲部分南 部低地的表面通常是較厚的类黄土壤土和黄土組成;这里的大河 (頓河,沃罗湼日河,茨納河等)沿岸分布着沙带,寬达数十公里。

从低地走到高地时,必須追溯这些相邻地貌地区(或区)之間的过渡性质。在一些情况下,高地以陡坡为界,陡坡下面就是河流的基岸,河流沿高地的边緣流过,例如,伏尔加河右岸就是滨伏尔加高地。在另一些情况下,高地逐漸过渡到低地,它的平緩的斜坡下部与低地面相融合,例如滨伏尔加高地的西緣。

这种不对称現象不仅表現在斜坡的坡度上,而且也表現在它們的結构和切割現象方面。較陡的坡被河谷和冲沟强烈切割,而緩斜坡則切割微弱。前者由基岩組成,上面覆盖着一层不同厚度的坡积壤土;这里局部地方基岩也突出于地表之上,它們的残积物在致密岩石上常常是粗的,碎石性质。在緩斜的坡面上通常复盖着厚层类黄土壤土,这里的基岩埋藏很深,只在較深河谷两岸才突露。

因此,可以根据在高地上的位置,区分出二級谷地和分水界的

地形和結构。在陡坡上基岩(石灰岩,砂岩,致密粘土等)具有比較 急变的形态;这里常常有短而窄的峽谷形河谷,阶地很不明显,分 水界狭窄突起。在高地的緩斜坡上,河谷和分水界都較短坡上的 长;它們也比較寬幷且具有不太急变的輪廓。河谷中較寬的阶地 由沙质和壤土冲积物組成;河谷本身通常不很深。分水界常常具 有平坦的,切割較少的表面,沿高地坡面主要向下傾斜。

可見,在河谷的深度和密度与分水界的寬度之間存在着直接 的联系,深谷与較密的河谷系統相适应,那里以狭窄的分水界占优势;相反,在河流网較稀的情况下,则河谷浅,这里的分水界較寬和 較平坦。

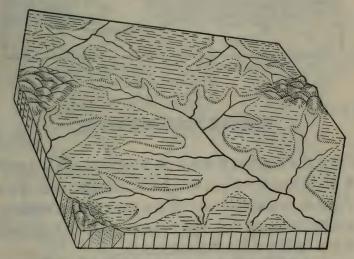


图 11 具有残丘的准平原, 残丘相应于最坚固岩石的露头 (根据 Cotton, 1942)

除了具有傾斜表面的斜坡地段外,在高地中还可見到低平的高原状地段,以及洼地——凹地。这里还有个别的壠崗和残丘,突出于高地面之上(图 11)。高而平坦的地段常常适应于致密的,受冲刷較弱的基岩(石灰岩,砂岩),而洼地——疏 松 的 柔 軟的岩石(沙、粘土)。在突起部分,基岩一直分布到頂点。在高地上的冲沟

和干沟頂部广泛地分布着大量的碟形地,它們的形成是由于水流頂部的分支,其面积有时可达数平方公里,直径在1公里以上。在分水界的某些地段凹地星罗棋布,它們位于冲沟和干沟的頂部并被局部的分水界——小长丘所隔开(图12)。高地面上几乎連續由疏松的类黃土壤土和黃土組成,只是較陡的斜坡在受到冲刷之后才沒有这些物质。

所有上述的地形差异在植被上也很明显地反映出来。

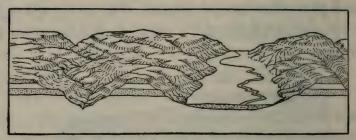


图 12 在湿潤气候条件下处于发育成熟阶段的高原 (根据 Lobeck, 1939)

低地和高地冰川地形的研究

在具有冰川形态的平原地区,地形的侵蝕特点退居次要地位。 这里在大地形中可以分出具明显丘陵地段的高地,以及高地之間 的平坦低地,寬闊盆地和平原。河谷大都是出現在低地和盆地,它 們在高地上則沿边緣发育,特別是沿陡坡,例如沿瓦尔戴高地的西 坡和克林-德米特洛夫山的北坡就是这样。

低地地形——平坦,单調,具低平寬闊的台阶,这种台阶常常一面为具有被深洼地横切的高台阶的陡坡所围繞,河流就在这些洼地中发育。在最后一次冰川作用带的低地主要由冰湖沉积物——带状粘土,无层次的壤土,細小的砂所組成。在倒数第二次冰川作用带,在低地表面覆盖粉沙壤土和沙壤以及沙土占优势。大部分河流都下切在低地和盆地的底部,而且主要河流都是沿低地和盆地的长軸分布。这些河谷沒有基岸,就是阶地上通常也只发育

一个河漫滩。除了低坎坡——阶地台阶坡外,低地中还有古代的河流三角洲,特别在高而陡的坎坡(由高地到低地)附近以块状沙质高地的形式清楚地表現出来;低地中間的三角洲具有不高的沙崗或稍微高起的地段的外形。裸露的沙地上常常見到沙丘;也可遇見处于森林覆盖下的古沙丘(图13)。在平坦分水界沼泽化过程中所形成的广闊的分水界沼泽是低地的特点。这种低地的地表变化

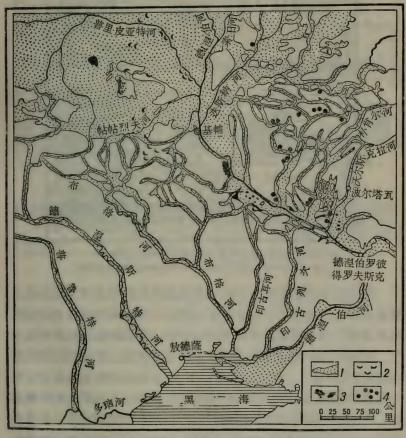


图 13 德聶伯冰舌和冰水逕流谷的边緣形成物的地图 (根据 Kapaндеева, 1957) 1——冰水逕流谷; 2——尾磧冰碛物; 3——挤压冰碛物; 4——漂砾堆。

强烈地反映在一般高度的潜水水位上,从而也反映在土壤上,也反映在植被上;排水良好的地段常常以狭带状分布在沿河谷两岸附近以及在这里經常見到的壠崗和丘陵(蛇形丘,冰碛阜)上(图14)。



图 14 蛇形丘和冰阜的发生(根据 Lobeck, 1939) I——覆盖着靜止冰的区域; II——冰融化之后的区域。

高地的地形常常是复杂的和形形色色的。在冰川地区,地形形成各种不同的景观。最鮮明的是最后一次冰川作用带的丘陵一湖泊景观,例如瓦尔戴高地上就是这样。在倒数第二次冰川作用带,例如在克林-德米特洛夫山,上述景观就为丘陵-河谷景观(沒有湖泊)所代替了。在第一种情况下,大量的小丘陵与如此大量的小湖泊相交替;这里同样常常有蛇形丘;經常可見到較大的終礦壠崗。在丘陵地段中还有平坦的地段——冰水平原以及原来是冰川湖的地段。高地为深而寬的低洼地所切割,在低洼地的底部流着河川(图 15)。低洼地本身是在淹沒邻近低地的冰水退却时形成的。在丘陵地段,地形的迅速更替符合着地表沉积物的同样形形色色

的組成。所有这一切也引起土壤条件和植被在不同地形要素上的迅速更替。因此,在这里,只有进行大比例尺(不小于1:25,000)的調查,才能进行准确的地形制图。





图 15 平原上冰川形态的不同类型(根据 Lobeck, 1939)

同时,在冰川作用前期的带的高地表面几乎連續盖上了一层 覆盖壤土;在冰川作用后期的带,高地的不同地形要素上岩石迅速 地改变着,并且漂砾壤土让位于粗沙,无漂砾的壤土或細沙;沿着 洼地和盆地以及平坦地段可以見到經过分选的岩石。

丘陵景观在高地上与冰水平原和湖泊-冰川平原相結合,后者沿着丘陵景观分布,或在其南,或在其东伸延頗大的距离。冰水平原的特点是,地面微有波状起伏,具平緩的壠崗或低洼地;它們現在为湖泊和沼泽所占据,为粗的冰水沉积沙組成,上面已生长松林。湖泊-冰川平原上的平坦地面由細沙和无漂砾的壤土組成;这里的原生植被常常是云杉林。

山地地形的研究

阿尔卑斯型的高山地区以地形以尖削为特点,那里的侵触形态——谷地和部分分水界——常常經过冰川过程、冰水过程和冻土过程的改造。这里地形要素的地带性(垂直带性)很明显,它不但反映现代的地理条件、而且也反映冰川时期的条件。在阿尔卑斯垂直带(雪或裸岩)的上部,占优势的是物理风化过程,因此,坡上粗大的岩屑和岩块星罗棋布。这里分布着尖削的分水脊,后者受到了冰川形态——冰斗和冰窝的严重破坏。往下(图 16 和图 17)已經是阿尔卑斯和亚阿尔卑斯草甸垂直带,以槽形谷为主,槽形谷是在山谷冰川的影响下由古代的侵蝕谷形成的,槽形谷的寬闊平坦的谷底两边为削壁所限制,后者的上面变为平坦的台阶(槽谷肩)。再下面为森林垂直带,而在南方部分也为草原垂直带,这里分布着较宽广的河谷,通常是不对称的:一边河岸陡峻,具有高而窄的阶地,而另一边河岸具有从低河漫滩开始的较宽闊的阶地系統。这些阶地大部分由卵石和沙組成,上面常被类黄土壤土所覆盖。阶地的数目可达 10 級以上,其中最高阶地的相对高度为 50—100 米。

在山地的下部还可看到相邻河谷的阶地的直接結合,实质上, 它們在这里是不固定的分水界,但在山地上部,一个谷地的阶地有 时逼近邻近的河流。例如在高加索北坡的庫班河和捷列克河流域 就可观察到这样的图景。

高山地形的特性在很大程度上决定于不同地段岩石組成的差异。这也表現在河谷中,河谷在較軟岩石(粘土,粘土质頁岩,胶結不良的砂岩)的地方就显著加寬。在致密的岩石,象結晶岩和石灰岩那样的岩石中,河谷狭窄,呈峡谷状。在第一种情况下,除了挖深侵蝕外,也发生旁蝕作用;在第二种情况下主要是河流下切,挖深侵蝕。

岩石的差异对单面山地形的形成有特别显著的影响,当岩层 一致,呈单面倾斜时就产生单面山;在这种情况下,致密的岩层与

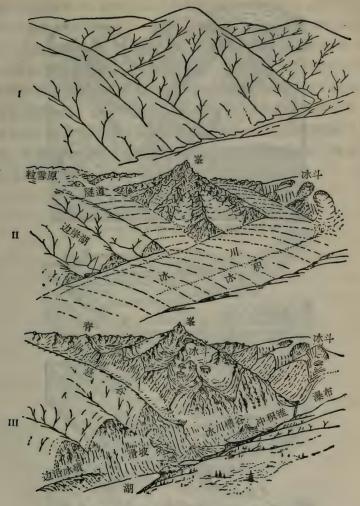
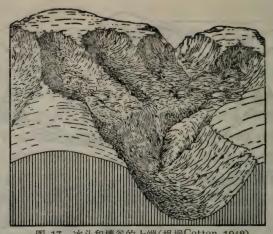


图 16 山地冰川形态的发育(根据Lobeck,1939) I——冰川作用以前, I——冰川作用期間, II——冰川作用以后

較軟的岩层相互交替。致密的岩石,例如石灰岩,致密砂岩,形成 傾斜面,向与岩层的傾斜方向相反的方向陡斜;因此,这里有两个 主要坡:与岩层的傾斜一致的緩斜长坡和切过岩层頂部而朝向相 反的陡急短坡。在单面山陡坡的坡脚分布着低地,其高度比单面



冰斗和槽谷的上端(根据Cotton, 1942)

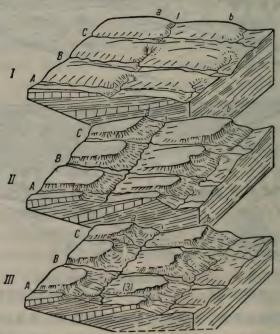


图 18 单面山发育的图式(根据 Мартонн, 1945)

I ——Ⅲ 单面山后退和切割加强的各阶段(a和b)。在第二阶段(Ⅱ)A河和C河的源 向峽谷1中形成了很高的隘口,順向峽谷3因新的簑夺而失去了水流。

山的山脊低数百米;这些低地是在較軟岩石(例如粘土,疏松的砂岩)被冲刷的情况下形成的。单面山和低地常常形成頗长的条带,有时可长达数百公里。在这种情况下,单面山通常 叫 做 山 脉,山 脊,而低地带叫作纵谷。这些地形要素,举例来說,在高加索山脉的北坡是很典型的。低地的表面由于河流,主要河流的支流的侵蝕已强烈阶地化。低地在地形,岩石和气候方面都与单面山有显著的不同,这就是为什么在两种地形要素上土壤条件和植被也有差异。在低地中观察到垂直地带性(垂直带性)受到破坏,因为这里的地理条件接近于山地下部地区的条件。

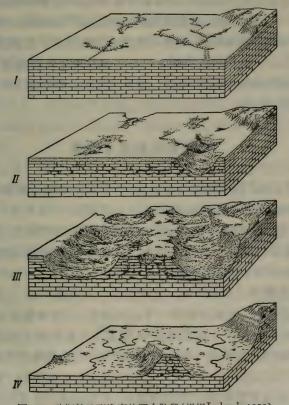


图 19 喀斯特地形发育的四个阶段(根据Lobeck,1939) I——早期阶段, II——年青阶段, III——成熟阶段, IV——衰老阶段。

单面山地形(图 18)不仅在高加索山北坡和南坡很典型,而且在克里米亚山地也很典型。在克里米亚的雅依拉(яйла)以北分布着单面山和低地相交替的带。在两侧支流与从山上流入克里米亚草原平原的主流汇合时,低地特别加寬。

最后,高原也属于山地地形要素,那里地面高而平,或呈緩傾斜,被峡谷型的深谷所切割。只有在河谷和河谷附近地段才能观察到高度的显著变化和地表的大量切割,河間地段很平坦。在河間地的平坦或輕度阶地化的地表只屹立着残丘的峰頂或高度很小的小块山体。

高原地形就其起源而論常常与坚固的岩石(例如結晶岩)相联系,也与不易受侵蝕而有裂縫的岩石(石灰岩)相联系。因此,广泛分布着由結晶岩或熔岩、以及石灰岩組成的高原。在高加索、在阿尔泰以及在中西伯利亚高原有这种或那种例子。克里米亚的雅依拉是具明显喀斯特形态(溶沟,漏斗,波立谷,岩洞等)的石灰岩高原的代表(图19)。

地貌研究的基本任务

总之,为了順利地进行地貌覌測(它們之中的大多数地植物学家都可以在地植物研究时同时进行),必須;

- 1. 在出发到野外之前,通过研究地形图,专門地图,航測資料和有关文献資料进行认真的准备。尝試編 制初步的 地貌图(首先是利用航測照片)也很有用。
- 2. 在野外工作的开始,进行勘察性的路綫調查,以便对研究 地域和邻近地区的地形得到一个总的概念;在这种情况下,就空目 測非常重要,在所有上述的观测中,都要进行航空照片判讀,根据直 接和間接的标志(例如土壤和植被)識別图上各种地形要素。这样 就可以核对和訂正出发到野外之前所編制的地貌图的一般內容。
- 3. 通过較密的橫穿調查路綫网,对地形进行全盘的較詳細的 研究,如果地形复杂,还要利用纵穿的調查路綫。路綫网的密度依

測量的比例尺和地形复杂程度而定。

根据路綫进行航空照片的地貌判图时,对于确定路綫之間地 段上的地形要素也必須利用航空照片,这使我們有可能論証和校 正地貌图。在这种路綫調查中,需要作概略的地貌剖面,沿路綫的 个別典型地段作較詳細的剖面,并选定作詳細地形測量和水准測 量的地段。

- 4. 在不大的典型地段——索引地段进行大比例尺測量,地段的大小視測量的比例尺和該地方地形的特性而定。然后,沿穿过主要地形要素的最重要方向进行水准測量。索引地段的数目首先依地形形态和它們的复合体(комплекс)的多样性而定;研究地域地表形态越多种多样,索引地段越要設置得多。
- 5. 研究地形时必須注意地形不同形态和复合体的結构,也必 須注意它們之間的关系。
- 6. 考虑地形特性与地质条件,以及現代地理条件和古地理条件之間的联系。指出現代过程,例如河流侵蝕过程、沟蝕过程、土壤冲刷、风蝕过程等等,我們在有些地方可以眼看到这些过程在改变着地形。
- 7. 完成上述1—6点之后,对地形形态和它們的复合体在多种 多样的和不同时間的过程影响下的发生和发展作出結論(推測)。
- 8. 当野外資料整理以后,以最后的形式編出: 1)研究地区的地貌图; 2)个別地段——索引地段的图; 3)路綫示意剖面; 4)个别地段的水准測量剖面; 5)全区和各个地段的地貌描述。最好附一些典型地段和主要地形要素的航空照片作为說明。

(李 恒譯, 陈昌篤校)

参考文献*

Андреев В. Н. 1955. Дешифрирование по аэрофотоснимкам различных

^{*} 这里列举的文献,除方法性质的著作外,还有涉及不同地理地区的地貌著作和地植物学著作,提出的地植物学著作主要是那些确立植被与景观,特别是与地貌条件的联系的文章。

- типов тундр и их аэровизуальная характеристика по морозной трещиноватости. Геогр. сб., VII, Вопросы аэрофотосъемки. Изд. АН СССР, Л.
- Анучин Д. Н. и А. А. Борзов. 1948. Рельеф Европейской части СССР. Географгиз, М.
- Башенина Н. В. и С. С. Воскресенский. 1955. Методы геоморфологического исследования. Изв. Акад. наук СССР, сер. геогр., № 1.
- Берг Л. С. 1947, 1952. Географические зоны Советского Союза, тт. 1, 2. Географгиз, М.
- Берг Л. С. 1955. Природа СССР. Географгиз, М.
- Бондарчук В. Г. 1949. Основы геоморфологии. Учпедгиз, М.
- Борзов А. А. 1951. Географические работы. (Сборник статей). Географгиз, М.
- Боч С. Г. 1953. О геоморфологических профилях. Изв. Всесоюзн. геогр. общ., т. 85, вып. 5.
- Викторов С. В. 1955. Использование геоботанического метода при геологических и гидрогеологических исследованиях. Изд. АН СССР, М.
- Викторов В. С. 1955. Растительность как индикатор при гидрогеологическом дешифрировании аэрофотоснимков. Геогр. сб., VII. Вопросы аэрофотосъемки. Изд. АН СССР, Л.
- Геоботанические методы при геологических исследованиях. Сборник статей. 1955. Госгеолтехиздат, М.
- Геоморфологическое районирование СССР. 1947. Изд. АН СССР, М. Герасимов И. П. 1939. Рельеф и поверхностные отложения Европейской части СССР. Почвы СССР, т. І. Изд. АН СССР, М.
- Герасимов И. П. 1948. Современные проблемы геоморфологии **Казах**стана. Алма-Ата.
- Гладцин И. Н. 1939. Геоморфология СССР. Ч. 1. Геоморфология Европейской части СССР и Кавказа. Учпедгиз, Л.
- Дементьев В. А. 1938. Материалы по методике комплексного геоморфологического изучения речных террас. Изв. Гос. геогр. общ., т. 70, вып. 4—5.
- Добрынин Б. Ф. 1948. Физическая география СССР. Европейская часть и Кавказ. 2-е изд., Учпедгиз, М.
- Еленевский Р. А. 1936. Вопросы изучения и освоения пойм. Изд. ВАСХНИЛ, М.
- Ефремов Ю. К. 1949. Опыт морфографической классификации элементов и простых форм рельефа. Вопросы географии, сб. 11, Географгиз. М.
- Каманин Л. Г. 1938. Геоморфологический очерк Средне-Сибирской плоской возвышенности. Тр. Инст. геогр. АН СССР, вып. 29.
- Карандеева М. В. 1957. Геоморфология. Европейская часть СССР. Изд

- Моск. гос. унив., М.
- Кац Н. Я. 1948. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. Географгиз, М.
- Крашениников И. М. 1951. Географические работы. Географгиз, М. Кудрицкий Д. М., И. В. Попов, Е. А. Романова. 1956. Основы гидрографического дешифрирования аэрофотоснимков. Гидрометеоиздат, Л.
- Леонтьев В. Л. 1952. Об использовании аэрофотосъемки и аэровизуальных исследований растительности при освоении пустынь. Ботан. журн., т. 37, № 5.
- **Ливеровский** Ю. А. и Б. Н. Колесников. 1949. Природа южной половины Дальнего Востока. Географгиз, М.
- Марков К. К. 1948. Методика составления геоморфологических карт. Тр. Инст. геогр. АН СССР, вып. 39.
- Марков К. К. 1948. Основные проблемы геоморфологии. Географгиз, М. Марков К. К. 1955. Очерки по географии четвертичного периода. Географгиз, М.
- Мартонн Э. 1945. Основы физической географии. Т. II. Геоморфология. Учпедгиз, М.
- Мильков Ф. Н. 1953. Воздействие рельефа на растительность и животный мир. Географгиз, М.
- Мирошниченко В. П., Н. Н. Соколов, Б. В. Виноградов. 1956. Использование аэрофотосъемки при географическом изучении территории. Сб. «Вопросы географии», Изд. АН СССР, М.—Л.
- Михайлов Н. И. 1945. Опыт дешифрирования аэроснимков при топографической съемке в районах Крайнего Севера. Сб. Гл. упр. геодез. и картограф., вып. IX, М.
- Мозесон Д. Л. 1956. Опыт применения количественного метода при исследовании малых форм рельефа. Изв. Акад. наук СССР, сер. геогр., № 5.
- Пармузин Ю. П. 1950. Опыт применения аэрофотометодов при геоморфологических исследованиях таежной полосы средней Сибири. Вопросы географии, сб. 21, Географгиз, М.
- Петров М. П. 1944. Роль растительности в эволюции рельефа песчаных пустынь. Изв. Туркм. фил. АН СССР, № 3—4.
- Петрусевич М. Н. 1954. Геолого-съемочные и поисковые работы на основе аэрометодов. Госгеолтехиздат, М.
- Попов Т. И. 1914. Происхождение и развитие осиновых кустов в пределах Воронежской обл. (Гео-ботанический очерк). Тр. Докучаевск. почв. комитета, вып. 2. Пгр.
- Раменский Л. Г. 1938. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. Сельхозгиз, М.
- Ренгартен П. А. 1939. Использование материалов аэрофотосъемки для геоморфологических исследований в различных физико-географи-

- ческих условиях. Изв. Всесоюзн. геогр. общ., т. 71, вып. 6.
- Самойлович Г. Г. 1953. Применение авиации и аэрофотосъемки в лесном хозяйстве. Гослесбумиздат, М.—Л.
- Скворцов Ю. Л. 1934. К методике геоморфологической и четвертичной съемки. Пробл. сов. геологии, № 10.
- Скворцов Ю. А. 1941. Метод геоморфологического анализа и картирования. Изв. Акад. наук СССР, сер. геогр. и геофиз., № 4—5.
- Соколов Н. Н. 1948. О геоморфологических провинциях Русской равнины. Тр. Почв. инст. АН СССР, т. XXVII.
- Соколов Н. Н. 1955. Особенности рельефа Северо-запада и их влияние на ландшафты. Сб «Памяти Л. С. Берга», Изд. АН СССР, М.—Л.
- Спиридонов А. И. 1952. Геоморфологическое картографирование. Географгиз, М.
- Спиридонов А. И. 1956, 1959. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований, ч. 1 и 2. Изд. Моск. гос. унив., М.
- Справочник путешественника и краеведа. 1950. Т. II, Под ред. С. В. Обручева. Гл. XV, XXI. Географгиз, М.
- Суслов С. П. 1954. Физическая география СССР. Азиатская часть. Учпедгиз, М.
- Тюремнов С. Н. 1949. Торфяные месторождения и их разведка. Госэнергиздат, М.—Л.
- Тюремнов С. Н. и Е. А. Виноградова. 1953. Геоморфологическая классификация торфяных месторождений. Тр. Моск. торф. инст., т. 2.
- Федорович Б. А. 1943. Аэрофотосъемка и вопросы изучения и освоения пустынь. Изв. Акад. наук СССР, сер. геогр. и геофиз. № 4.
- Федорович Б. А. 1948. Вопросы происхождения и формирования песчаного рельефа пустынь. Тр. Инст. геогр. АН СССР, вып. 39.
- Федорович Б. А. 1948. Рельеф песков Азии как отображение циркуляции атмосферы. Пробл. физ. геогр., XIII.
- Шарков В. В. 1955. Применение аэрометодов при исследованиях четвертичных отложений. В: Метод. руков. по изуч. и геолог. съемке четверт. отложений, ч. 2, Госгеолтехиздат, М.
- Щукин И. С. 1934, 1938. Общая морфология суши, I, II. Горн. Геол.нефт. изд., М.
- Эдельштейн Я. С. 1947. Краткое методическое руководство для производства геоморфологических наблюдений в поле. Госгеолиздат, М.—Л.
- Эдельштейн Я. С. 1947. Основы геоморфологии. Изд. 2-е. Госгеолиздат, M.—Л.
- Эпштейн С. В. 1955. Геоморфологические методы. В: Метод. руков. по изуч. и геолог. съемке четверт. отложений; ч. 2. Госгеолтехиздат, М.
- Cotton C. A. 1942. Geomorphology. Wellington (N. Z.).
- Lobeck A. K. 1939. Geomorphology. New York.

地植物学研究时的小气候及其研究方法

Б. П. 卡罗里(Кароль)

(国立列宁格勒大学)

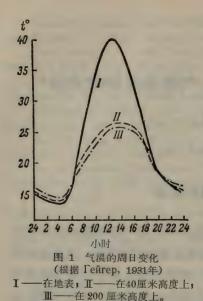
基本原理和概念

气候是植物周围主要环境因素之一。每一棵植物的生长和发育都需要光、热和水分。这些要素可以看作气候資源,无論是农作物的生产,或者是野生植被的生长和发育都是基于对这些要素的利用,正如利用土壤肥力一样。所有其它气象要素只不过調整这些基本要素的作用而已。

不論在农业或是在林业中利用現有气候資料的尝試, 幷未經常得到理想的結果; 气候学的成就和实践需要之間出現了不协調的現象。气候手册和气候年鑑中的資料是不足的,在許多情况下, 当为解决个别国民經济問題而企图利用这些資料来鑑定气候条件时,往往会导致謬誤。例如,气候手册中的严寒天数就往往会給人一种虚构的观念: 以为切割地形不同地段中的农作物都有受冻害的可能。

发生这种情况的原因是由于气候手册和气候图集中的气候数据都是距地表 2 米高度(即稍高于人的平均高度)上的数据。然而,大家都知道,在較接近地表的空气层中,空气的物理性质与 2 米高度上的有重大的差別。愈接近地表,最高溫度愈高,最低溫度愈低(图 1)。在近地面层中,象夜間的霜冻和雾这类現象也比較剧烈,白昼則观察到空气的强烈增热。

在水平方向上这里的空气性质也同样有很大差别——溫度和 湿度状况有着变化。这是由于下垫面結构的不均一性所引起。



所有田間作物,草本植被以及木本植被在它們发育的最初时期都要經受近地面气层的影响。 人也大都在地面上2米以內的大气层內生活。由此可見,近地面层气象条件的研究是一項有重大实际意义的任务。近数十年来,人們已經注意到了这个問題的重要性。

在地形、植被、土壤状况、水体有无等差异性的影响下形成的以及通常在斜坡、森林、林中曠地、空曠田地、湖岸、河漫滩、沼泽等等的不大地段上所发生的一切

气象要素的变化叫做"小气候"(микроклимат)。小气候的特性主要表現在近地面空气层,并随高度的增加而趋于平緩。

与"小气候"这个术語相对应,由大規模的因素所决定的气候 現象有时就称为"大气候"(макроклимат)。

現代的科学文献中有小气候和地方气候(местный климат) (中气候)这两个概念。 С. А. 薩 波 日 尼 科 娃 (Сапожникова, 1950)将"地方气候"这一术語引入俄文文献中。 С. А. 薩波日尼科娃把小气候理解为个別較小的土壤起伏(如沟渠、各个小草丘),不同密度的草被、土表湿潤情况的小小差异等等所引起的气候变化。为了鑑定气象要素在这些条件下所发生的变化,需要专門的仪器和特别的研究方法。这种研究对解决与近地面空气层的物理学研究有联系的一系列理論問題有重大的意义。

"地方气候"的概念代表介乎大气候和小气候之間的居間条件;按照 С. А. 薩波日尼科娃(Сапожникова)的意見,这是森林、林中曠地、城市、草甸等等的气候。这种气候的研究可以闡明森林或田野的位置对它們的气候特性和植物生存条件的影响;而且它

不需要过于复杂的专門仪器。

应該指出,这样的划分是十分带有条件性的,因为一种規模向另一种規模的过渡是逐漸的,很难确定地方气候和小气候特性之間的明确界綫。在一定时間內,气候的一切地方性变化都已慣称为小气候,一般认为,这一概念更能符合于事物的实质和实践的需要。因此,現在人們都談論田間小气候、森林小气候、林中曠地小气候、城市小气候等等。这一术語是目前气候学中通用的。

小气候学的任务在于利用野外小气候研究的資料来确定下垫 面的这一或另一特性在研究地域气候状况中的作用。

在溫带最不相同的气候条件中,即使天气情况一样,气候要素的小气候差异,如同森林中、林中曠地上、丘陵上和低地中的小气候差异,还是明显存在。因此,有可能把在一个地方所获得的小气候鑑定用于另一地方下垫面类似的地段,而不必在后者进行同样的研究。

关于小气候状况的資料对人类实践活动的最不同的方面,特 别是在农业方面和林业方面,都是必需的。

对近地面层气象要素沿高度方向分布情况的观測表明:下垫面之上最初若干厘米范围内气象数值的迅速变化,到数十厘米的高度上就变得緩慢起来。在通常的天气条件下,在1.5—2.0米左右的高度上,受到該下垫面地段的影响的空气与受到具有另一种下垫面性质的邻近地段的影响的空气已經发生混合。因此,以1.5—2.0米的高度作为下层空气的上界。大家知道,气象站观测空气温度和湿度的仪器正是安装在这种高度上。

由于下层空气的气象状况制約于下垫面的性质,因此,在具有不同下垫面的邻近地段上,常常形成不同的小气候。它們借助于空气的水平移动而相互作用。水平移动的发生基本上也正是由于相邻地段上气象条件的差异。邻近地段上空的一般风状况也同样有影响。由于这个原因,区分出独立的小气候和非独立的小气候。

独立的小气候是在当地下垫面特性的影响下創造出来的,它的全部特性就是在当地形成,大林区或大水面的小气候是例子。

非独立的小气候是这样的小气候,在它的形成过程中,来自該 地段周围的,具有另一种性质的空气的进入起着重大作用。由于 这种空气的影响,在下垫面作用下所形成的气象特点将部分地发 生变化。荒漠中小綠洲的小气候,草原上林带的小气候都可作为 例子。

在不同地形条件中的小气候

在相对平坦地方条件中的小气候

从小气候的定义可知,在均一而平坦的下垫面条件下,土壤表面(如果是裸露的話)或植被表面(如果土壤为植被所覆盖的話)白昼增溫最剧。白昼,从裸露土壤或植被表面开始,气温随高度的增加而下降。在晴朗无风的夜,在下垫面强烈輻射的情况下,由于地面而冷却了的空气仍旧留在土壤表面,冷却过程非常緩慢地向上层空气传递,同时,溫度将随高度而增加。在苏联欧洲部分,从土壤表面到1.5—2.0米的高度这一增高,平均为2.0—2.5°C。在大陆性气候的西部西伯利亚,东部西伯利亚和哈薩克斯坦北部,升高的溫度达3.5—4.0°C,个別情况下,在沒有露水的干燥夜間,可能增加8.0—10.0°C。

但是,下垫面均一的完全平坦的地面在陆地上是少見的。 冻原北部的地面相当平坦,然而在那里也有湖泊和沼泽,而且灌木-草本下垫面与苔蘚和地衣被覆互相渗杂,也見到个别的小块高地和覆盖草丘的地段。 所有这些下垫面的特性形成冻原中小气候的某些差异。 然而这种差异毕竟是微不足道的,因为在这种緯度上云量大,而在短促夏季的个别晴天,太阳光綫以很小的角度射到水平面,因而下垫面增溫不多。

在冻原条件下,通过长年工作站的观测常常可以得到必要的小气候資料。为了研究沒有固定气象站的一定地域或下垫面特殊的地段,組織临时气象站或进行5—6天的短期路綫观测就足够了。

在草原地区也有相当平坦的地面。但这里有很大可能出現小 气候的差异。 草原上的草本下垫面并不处处一致,有些地方草群 較高而密,有些地方,例如,通常分布在小的碟形地中的碱土,草 群稀疏。此外,草原有时被冲沟和干沟切割得支离破碎。夜間,冷 空气流向低地,但白昼,低地又比平坦地增溫較多。

在苏联草原南部常常見到山崗,石质山坡和丘陵(圓丘),这些 地方以切割地形所特有的小气候为特征;这里必須进行特殊的小 气候覌測。

在草原的平坦地段,鑑別小气候可以利用附近草原开曠地方 上固定气象站的資料;但在切割地形条件下,必須进行专門的观 測。

如果草原已被开垦幷用于栽培作物,那么这些地方的小气**候** 以各种农作物的小气**候**說明。

切割地形条件中的小气候

不同地形的小气候差异表現为不同 坡向 斜坡的 增溫 性质不同, 空气沿坡上升和下降的性质不同, 受风的影响也不同。

許多研究者計算了在一年中不同时間,在晴天条件下到达不同方位和坡度的斜坡上的太阳輻射热量。早春和秋季,北半球朝南的陡坡获得的热量最多。四月中旬,坡度为30°的南坡收入的热量在60°的緯度上比平地多50%,在50°的緯度上——多28%。在北緯50°的北坡由于太阳离地平綫的位置較高,所以比北緯60°的北坡增溫多。夏至时,不同坡向的斜坡从直接太阳輻射得到的热量相差很少。在这一方面,不同緯度的北坡也相差不多。然而,在北緯60°坡度20°左右的北坡所得到的輻射只为平地的80%。

早春时节,南坡的土壤已开始迅速增温而变干,但北坡还可能 有积雪,土壤寒冷而潮湿。

植被敏感地反映着这些小气候的特性。草原植被順丘陵的南坡向北深入,而森林沿北坡可能远远地进入草原地带。 北坡的栽

培植被的发育通常迟延。 南坡的谷物可能已在收获, 但在同一高度的北坡上, 作物还是一片碧綠。同样, 干旱在南坡也要比在北坡早得多届临。

就增溫的程度而言, 东坡和西坡处于北坡和南坡之間的中間 位置。但是, 在同样坡度情况下, 西坡毕竟总比东坡要稍微暖和 些。 在东坡上, 一部分太阳輻射热要用于蒸发夜間形成的露水。 西坡是在早晨較晚的时候才开始得到太阳輻射热, 这时土壤已經 相当干燥, 大量的太阳热用于土壤和空气的增溫(图 2)。

在不同地形条件下,不同斜坡上近地面层空气增温程度的差别体超于土壤温度的变化。京土

別依賴于土壤溫度的变化。离土 壤愈远,差別迅速减少,到2米左 右的高度上,通常仅相差十分之 几度,但在土壤表面,这种差別可 能达到6—10℃。

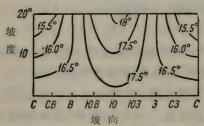


图 2 以坡向和坡度为轉移的20厘米深度上的 日平均土溫 (1936 年 9—10 月) (根据 Сапожникова, 1950 年)

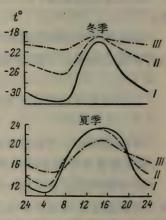


图 3 阿穆尔州不同地形条件中冬季和夏季气温的昼夜进程(根据Сапожникова, 1950年) I——谷地中,I——长崗上,

如果斜坡有起伏和具有不同的朝向,在最小的高度差别下,地形对溫度都会发生影响。菜畦上和菜畦之間的土壤溫度和近地面空气层温度的差别可能达到好几度。春季,犁壠翻耕促使土壤比較快的增溫和变干。在壠耕的情况下,耕作层的温度在生长期平均增高2—3°,同时与平地比較起来,增温最多是在春季观测到。在北方区域和西伯利亚壠耕是与热量不足和水分过剩进行斗争的

手段。

空气沿坡面上升和下滑的影响表現在,在凸出地形(丘陵,长 崗,山脊等)上,溫度昼夜的波动减小。白天,高地表面增溫較少,因为这里发生空气的自由环流。在所有的低地地形中,特別是在 閉塞谷地中,空气增热較为强烈;这里增热面积本身較大,此外,这里的风很微弱甚至完全沒有,所以已增热的空气停滞 在这里(图3)。夜間,凸出地形上的冷却了的空气由于密度較大,沿坡向下流动,頂部就让位于从較高层流来的較暖空气。冷空气在低地汇集起来,并引起这里的溫度下降。因此,低地往往有較頻繁的和較强烈的寒冻;露和霜也較多,而且經常有雾(图4)。

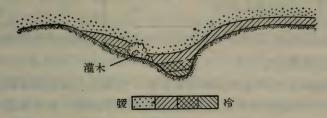


图 4 在切割地形条件中夜間气溫分布的图式(根据 Сапожникова,1950年)

地形对最低溫度的影响极其强烈。由于低地的溫度在夜間急剧下降,这里的无霜期就大大縮短。И. А. 戈里茨别尔格(Гольцберг, 1949,1957) 在整理大量观測材料的基础上,曾經編制出一个表,从表中可以清楚看出:与开曠地点比較起来,离地面1.5一2.0米处无霜期的长度在不同地形条件中是怎么改变的(見下頁的表)。

地方的地形对蒸发和与蒸发相联系的土壤湿度和空气湿度也同样有很大的影响。高地的蒸发比空气环流微弱的低地强烈。蒸发值也依賴于坡向。南坡蒸发最大,北坡最小,东坡和西坡占据中間位置。因此,与其它朝向的斜坡比較起来,南坡的土壤湿度也最小。除了朝向之外,土壤湿度还依賴于該地段在斜坡上的位置和坡度。斜坡上部最干,由此开始,土壤水分含量向坡脚的方向逐渐增大。至于湿度,那么低地中不論絕对湿度或相对湿度都有比高

地 段 的 地 境	訂 正 数 (天数)		
	春 季	秋 季	合 計
斜坡頂部和上部	+10	+10	+20
寬闊 (超过1公里) 平坦的谷地	0	0	0
微起伏地形情况下的谷地	- 5	- 7	-12
丘陵地方的谷地(谷緣与谷底之差不到 50米)	- 4至- 6	- 8至-12	-12至-16
丘陵地方的谷地(谷緣与谷底之差超过 50米)	- 6至-10	-10至-15	-16至-25
閉塞谷地和山間盆地 ,边緣 与底部相差 超过50米	-12至-18	-18至-22	-30至-40
山地高原	-5	-10	-15
大河河谷、大湖和大型水庫沿岸	+5	+10	+15

附注: 正号表示无霜期比平坦开曠地方的长, 負号表示无霜期比平坦开曠地的短。 地大的变化幅度。

切割地形对风速和风向都有影响。当孤立丘陵被风环繞流过 时,最大的风速不是在丘頂,而是在迎风面的两侧,最小风速在背 风坡(图5)。这里发育着强烈的涡旋,有时且形成方向相反的气流。

> 地形对降水的增加和雪被 的分布影响更大。切割地形的 起伏在气流通过时起着障碍作 用。这样,气层被迫上升,因

> 此,不管地方的高度变化如何, 降水都要增加。在高地頂部附

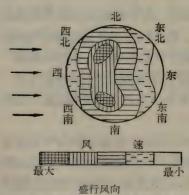


图 5 丘陵上和丘陵周围的风速分布 (根据 Костин 和 Покровская, 1953年)

增加。

近,大量的雨点和雪粒被吹到 风力較弱的背风面, 由于这个 原因,雨滴和雪粒加快降落。 因此,在頂部附近,迎风坡的降 水量减少,而背风坡的降水量

切割地形也影响雪的分布。 在风力强的地方, 高地頂部附近

和迎风坡上,干雪被抬升起来,被风吹到风速較小的地方。其結果 丘陵頂部以及迎风坡雪被一般較簿。 在沒有植被的情况下,这些 地方往往完全沒有雪盖。背风坡和低地則相反,雪堆得很厚。

不同植被类型的小气候

首先应該談談在生物学和农业气候学中所常用的"植物气候" ("фитоклимат") 这个概念。在气候学中,植物气候被理解为植被 內部,例如草群、树冠等等中的气候条件,或准确地說,气象条件。 因此,每一个植物群落以自己的特殊植物气候为特征。这一定义 符合于B. H. 苏卡切夫所下的定义,根据他的定义,每个群落都有 自己的气候——植物气候,这种气候在很大程度上决定于群落本 身的組成和結构。有人(Сеоянинова-Корчагина,1949)建議,采用 "植物群落气候"(фитоценоклимат) 这个术語来代替按上述理解 的"植物气候",而"植物气候"則用来代表制約着一定生活型的存 在的气候——象瑙基耶尔所曾經建議的"Pflanzenklima"。

在气候学中不区分制約着植物一定生活型的存在的气候和群

落所創造的气候, 并且认为植物气候是一般小气候的局部情况之一。 在这种情况下, 可以談論植物之間的小气候和植物本身的小气候。下面簡述一下后一种小气候。

H. Н. 卡里金(Калитин, 1938) 曾經对各个叶片在太阳能方面的反射、吸收和透过能力进行过观測。根据这些观測,投射到叶面上的輻射能約有 25—30% 从叶面反射出去了,約 20—25% 左右被吸收幷

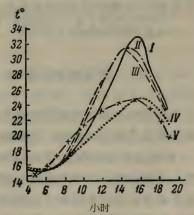
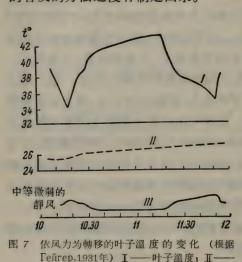


图 6 老松树不同方向的树皮中温度 的 昼 夜进程 I ——西南; Ⅱ——南; Ⅲ——东南; Ⅳ ——北; ∇——气温。

消耗于蒸发(蒸騰),透过叶片的达 45—50%。过去进行过,现在 也在进行这样的观测:叶片或树干的温度与周围空气的温度有多 大程度的不同,或者,譬如說,树干中的温度如何在树干的不同朝 向的面上,从表面向着它的中心变化(图 6)。这样的观测在目前进 行的很有限,因为所需要的設备十分复杂。为了这种研究的简单 的普及的方法还沒有制定出来。



气温; Ⅲ——风力。

然而关于这个問題現 有的資料毕竟說明下列事 实,即在晴天植物叶子的 溫度依叶子的性质和它的 顏色不同而与周围空气的 溫度有所差別(图7)。夜 間,由于叶面的大量輻射, 叶子溫度可能大大低于周 围空气的溫度,同时,这种 差別的程度以叶子的特性 为轉移。风对于叶子的溫 度也有影响;风愈大,叶子 的溫度愈低(图7)。

草本植被(草甸、草原)的小气候

植被的存在使温度状况发生变化, 并使近地面层的水分交换 較之裸露土壤更为复杂。在草被中可以明显地分出两个作用面; 1. 植被的上表面和2. 直接輻射能够达到的(不被叶面反射和吸 收)土壤表面。以草群密度为轉移, 两个作用面可能都表現很清 楚,或者只有一个作用面表現出来。

草群內部溫度和离土壤表面 2 米高度上溫度的差异依賴于草 群的密度。草群愈密,植物之間的溫度愈低,它也愈接近于 2 米高 度上的溫度。在稀疏草群的情况下,群落內土壤和近地面下层空 气較强烈地增溫,并 且比起2米高度上的 空气要具有較高的溫 度。在稀疏的草被 中,太阳輻射虽然可 以自由地通过它,土 壤和空气之間的垂直 交換仍要减弱,这促 使不論是土壤,或是

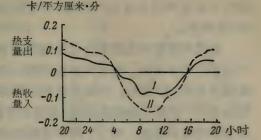


图 8 列宁格勒州科尔图什草群內的(I)和裸露土壤 上的(II)热量交換强度的昼夜进程(根据 Сапожникова, 1950 年)

土壤附近的空气都比草群稠密地段增溫較多。夜間,在交換更加 微弱的情况下,土壤的散热也减弱,因此,土壤能保持較高的溫度(图 8)。

在草群中,特別是由具寬闊叶片的植物組成的草群中,白天,草被表面增溫最多;由此向上或向下到土壤,溫度逐漸降低,而以土壤表面的溫度为最低。夜間,最低溫度在比草被上表面稍低的地方覌測到。同时,土溫可能大大地高于植被表面的溫度和植被之上5—7厘米高度上的溫度。例如,在六月一个无风的晴朗傍晚所进行的覌測获得下列結果:草被表面的溫度是+5.9°C,草被之下土壤表面的溫度——+19.6°C,离草层5厘米的高度上——+8.5°C,100厘米的高度上——+

根据 A. И. 沃耶依科夫(Boeйков,1913)的資料,在梯比里斯, 稀疏草群中土壤表面的溫度可能上升到 78°,但裸 露土壤上的溫 度仅达 67°C。这里在稀疏草群中表現出热量交換的减弱。强 烈 生草化的土壤的表面,溫度通常比裸露土壤表面高,因为生草层导 热性不良。但土层本身在这种条件下的对比关系則相反。

夏季,植被下土壤溫度的降低可能分布到頗大深度。例如,在 列宁格勒近郊,六月在自然草被下面 10 厘米深处的溫度比裸露土 壤同一深度的溫度低 3°C。

被草本植被所占据的地段的蒸发比裸露土面的蒸发大得多。同时,草群叶子的蒸发面愈大,植物消耗于蒸发的热量就愈多,因

此在足够湿潤的土壤上,在稠密草群的上面白天观測到溫度的低降(逆增¹⁾)。

植被的蒸发和乱流热量交換强度的下降一起,导致植物間空气湿度的頗大增加。白天在植被內部,空气的絕对湿度可能比空曠地点大6—10毫巴。傍晚和夜間,草群中的空气湿度可能比空曠地点同一高度上的湿度还低,这是由于植被表面强烈冷却,而且有丰富的露水降落。晴天,草群中的相对湿度可能比空曠地方高15—30%。

草本植被表面能阻截一定数量的大气降水,特別是露水、霜和 雨凇。有些草能大量地阻留雪,后者在融化之后就可增加土壤的 湿度。

不割草的生荒地和不耕翻的田地的草本植被可以阻截大量降水。如果在这样的生荒地上不放牧牲口,那么由植物死亡部分組成的連續死地被层既能阻留降水,又能阻留暴雨逕流和春季逕流。

沼泽的小气候

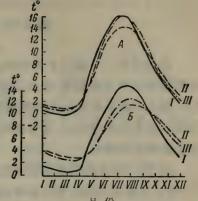
由于存在有各种各样类型的沼泽, 沼泽的小气候状况也以形 形色色为特征。此外,在同一个沼泽中、在小丘、草丘和湿洼地上, 表面湿度和植被性质也不同。

观測表明,在夏季的晴天,泥炭蘚沼泽的表面增溫非常强烈,因为蘚类的导热性不良,热很难传递到泥炭层的深处去。至于在晴朗的夜間,特別是在空气相当干燥的情况下,这种沼泽的表面則因輻射而强烈冷却。在某些情况下,冷却可使溫度降到0°以下,在盛夏可能还有霜冻。这种冷却过程的原因是,由于相当暗色的表面的强烈輻射所損耗的热量不能依靠較深层(那里的热儲量也为数甚微)的热量来补偿。因此,沼泽表面在一昼夜期間观測到温度的巨大波动,然而,这种波动所涉及的深度不大。在40厘米的

¹⁾ 溫度随高度增加而上升这样的溫度垂直分布情况叫作溫度逆增。

深度上,沼泽温度的昼夜波动就几乎消失了。2—3米深度上的温度年波动比旱地的要小得多。已經查明:泥炭土中温度的年进程与矿质土不同,而且,不論是冬季和夏季,这种差别都是随深度的增加而增大(图9)。

晴夜,沼泽表面的急剧冷却也促使下层空气的冷却,这引起丰富露水和雾的形成,这种露水和雾一般的說經常在沼泽上被观測到。草本沼泽之上的空气湿度总是很大;但蘚类



月 份 图 9 土溫的年进程(根据 Сапожникова, 1950年) 1——矿质土; 亚——疏干的泥炭土; 皿 ——未疏干的泥炭土: A-深度40厘米, Б-深 度 80 厘米。

沼泽之上白天的湿度比幷排的草甸上的湿度要小,夜間則由于沼泽上空溫度的下降而湿度增大。

沼泽的特殊热性质也表現在它的冻結状况上。因为导热率和 热容量小,沼泽中(特別是壠崗和草丘上)蘚类表层很快就变冷了, 幷在最初的几次严寒(沒有雪)中就形成蘚类冻結的硬壳。但同时 湿洼地由于热容量和导热率大,冻結过程开始得較迟而且进行得 远为緩慢。在严寒少雪的冬季,壠崗和草丘上的冻結层增长得很 慢,因为这一层有碍进一步的冷却。在这样的冬天,湿洼地中冻結 层的厚度也与壠崗和草丘上一样。如果积雪很厚,冻結过程迟緩, 且經常甚至完全不冻。如果降雪比严寒到临早,那么,沼泽的个别 地段,有时是整个沼泽地都处于解冻状态。

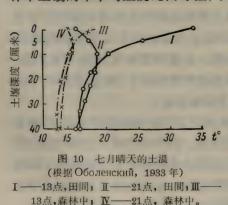
春季,在寒冷的沼泽蘚类表面之下可能保持冰的夹层,特别是 当沼泽的蘚被表面有些变干的时候。在寒冬之后,这种埋藏冻結 层可能保持若干年,特别是如果在这样的寒冬之后跟随着干旱的 夏季,其时泥炭的导热率特别低的話。这样的情况甚至在列宁格 勒附近就可見到,更不用說冻原了。

森林的小气候

森林中有二个或三个作用面:第一个在乔木树冠,第二个在覆盖着地面的草本或蘚类-地衣层的表面,如果森林中有稠密的灌木层,那么在灌木树冠的表面观測到第三个作用面。这个或那个作用面的意义随种类组成,乔木树冠的郁閉度而变化,也随灌木层的有无和密度而变化。

高 20—30 米的密林只能将投射到它表面的 太阳 輻射的 2—3%透过到地面,同时,寬叶林林冠下得到的光綫比針叶林冠下多。例如稠密云杉林所能透过的輻射仅占全部輻射 的 0.7—1.0%。林冠郁閉度的减小能迅速增加透过輻射的数量。在冷半年,这时寬叶林光裸,即使郁閉的林冠也可透过 60% 的收入輻射。因此,森林中土壤表面增热比开曠地点少的多,特別是夏季,这时森林中土表溫度可能比开曠地点低 4—5°。 冬季,森林中土壤比田間冷却得少,因为森林中雪被的密度較小。因此,森林中土壤的最低温度平均比开曠地点高,而溫度的昼夜幅度比后者少 30—40%。

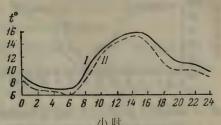
森林的影响也表現在較深层的土溫上。春季和夏季,森林中的深层土壤比开曠田地較冷,而冬季(12—3月)較暖(图 10)。森林中土壤的年平均溫度比田野低,年振幅也較小。



由于树冠上风速变化急剧,这里的增温过程往往伴随着頗多的溫度微波动(микроколебание температуры)。这些微波动对林內溫度的影响很小;而溫度的較剧烈的变化由于林中的垂直交換微弱,所以进到森林内部的时間較晚(图11)。森林中的气溫夏季比曠地的低, 而冬季較高。林中的年平均气溫比开曠地稍低(0.2-0.4°C)。

在有稠密灌木层的情况下,如果有足够的太阳 热量透过乔木树冠,那么, 白天可能发生两个具有最 高温度的层——在两个作 用面上。夜間,这里将是 两个具有最低温度的层。

落叶寬叶林和常綠針 叶林的热状况是不同的。 在常綠針叶林中,特別在 阴暗針叶林中,昼夜溫度 的振幅在一年四季变化很 小,而在寬叶林和落叶針 叶(落叶松林)林中,冬季 的昼夜振幅不大,但在春 末,当森林开始覆盖着簇 叶或針叶时,林中溫度昼



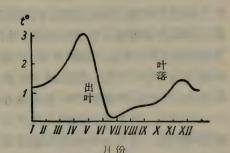


图 12 山毛榉林和松林各月溫度振幅之差的进程 (根据 Γeйrep, 1931年)

夜进程振幅之差比起开曠田地来有显著的增加。

森林中的蒸发由一般数量不大的(尤其是在密林中)土壤蒸发和树冠蒸发(蒸騰)組成。随着森林性质(組成,年龄,郁閉度和結构等)和无林地段植被性质(組成,草群密度等)的不同,森林总蒸发与无林地段蒸发之比可能不同:有时二者相等,有时森林蒸发較大,有时又相反。应該指出,森林所蒸发的主要是較深层次的水分;所以林下土壤的上层一般比曠地中的湿潤。

森林內部的空气湿度較高。 最大的絕对 湿 度 出現在林冠中 (特別是白天)。夏季的晴天,林冠中的湿度可能比开曠地点高3—5毫巴。傍晚,林中的这种丰富水分大大减少,有时甚至观察到水汽不如开曠地点多的現象。林中的年平均相对湿度比曠地高。昼夜平均相对湿度 在森 林 中比开曠田地和林冠以上的高 2—10%,

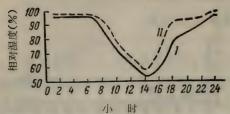


图 13 林冠之上(I)和林冠下(II) 空气相对湿度的昼夜进程(根据 Γeμrep, 1931 年)

但是, 冬季这种差別就减 少了(图13)。

气流在行进道上遇到 了森林就上升,到了森林 地段的另一面 就 下 降 下 来。因此,在林緣附近形 成涡流。在风速加强的森 林上空也有涡流出現。

只有不大的一部分风流进入森林中。林內风速逐漸消失,同时这种消失过程以风速,林型(它的組成和結构)和森林密度为轉移。根据在稠密寬叶林中的覌測,林內距林緣50米的地方,风速

为初速的 60—70%, 在距林線 70 米的地方——23—27%, 距林線 100 米的地方——7%, 距林線 200 米的地方——2—3%。林地还可降低其邻近开 曠地的风速。至于林中风速的垂直变化, 那么在森林中, 下层以及直到林冠的中部风速几乎保持恒定, 仅在林冠的上部, 风速才开始增加(图 14)。 寬叶林中的最小风速是出現在簇叶最发达的地方。

风速 (米/秒)
图 14 有叶的(I)和光裸的櫟林中风速的垂直变化(根据

在平靜无风的晴天,森林附近覌 Сапожникова, 1950 年) 測到一种特殊的 空气环流——地方风 (местный ветер)。白昼,在最强烈增热的林冠的高度上或比林冠稍高一些的地方,气流向森林运行;下面的气流则向反——从增热較少的森林向增热較多的曠地运动。夜間,环流方向向反,并且比白昼的明显得多。

不論以液态形式降落的或以固态形式降落的一部分降水,被树冠所截留幷从树冠蒸发掉,因而不能达到土壤。据估計,溫带緯度上林冠所截留的降水約为25%,但是,这个数值随林型、林龄和降水强度的不同而有很大变化。此外,森林还依靠雾、雾凇和雨凇

的降落而得到一部分附加降水。这些降水特别是在山地中,数量很大,在平原上也有实际意义。观测确定,在苏联欧洲部分中部地带,这部分降水占年总降水量的10—15%左右。

森林可以增加它所占据的地域的降水。例如,在沃龙湼什州森林草原地带的条件下,林地一个夏季的降水可能比邻近开曠地多10—14%。这是由于森林所占据的地域空气湿度大和气温低,因而这里的水汽比开曠地較接近于飽和状态。森林上面降水的增加还由于这里,特別是林緣,乱流比較发达。在与森林相遇时空气的稍微抬升,森林之上特別是林緣之上乱流的加强,有助于空气质体的較强烈的交换,因而导致在森林地区形成附加的凝結水。

森林在降雪和雪暴时使空气运动减弱,因而促使雪在这里呈 比較均匀的分布。由于同一原因,林中雪被的密度比曠地小,但积 雪深度較大。只有在稠密的云杉林中,雪被的厚度可能比曠地小, 因为这里有許多雪是停留在树冠表面,一部分直接由此蒸发,一部 分被风吹走。

森林雪被中的水分貯藏通常比开曠地多。 在后一种情况下, 一部分的雪蒸发了,一部分被风吹到低地和冲沟中。

由于森林在很大程度上阻拦暖空气质体进入森林,所以林中的雪被比邻近的开曠地融化慢得多。在阴暗針叶林中,雪融化得特别晚。就是不大的林間空地和隙地上的雪也同样融化得較慢。例如,在积雪很厚的冬季,列宁格勒近郊雪被的持續期在混交林中是172天,在林中空地是163天,而在幷排的开曠地却是147天。

林中空地的溫度与森林中的溫度相比有很大的不同。直径不 超过周围树高的小型林中空地,一般保持森林气候的基本特点。在 大型的林中空地上,夏季溫度和湿度的进程与低洼地形中的进程 相类似。这里观測到溫度昼夜幅度的增大;夜間林中空地的溫度 比开曠地点的低些,而湿度則高些;白昼則发生相反的現象。

冬季,在寬叶林中,林中空地和开曠地点的小气候的差別稍微 减小。例如,根据在卡贊地区的覌測,夏季溫度昼夜幅度的差別是 5.8°C,但在冬季,一月只相差 0.8°C。在針叶林中,这种差别在冬季最大;2月为 3.7°C,11 月最小——0.7°C。

根据 И. А. 戈尔茨别尔格(Гольцберг, 1949 年) 的資料, 苏 联欧洲部分林中空地的晚霜平均比开曠地点晚 11 天,而初霜早14 天。因此,这里的无霜期平均比曠地短了 25 天。

农田的小气候

对土溫有很大影响的首先是沒有自然草被的裸露土壤。特別 是白昼,土壤的裸露使土溫显著提高,甚至在5厘米的深处的土溫 就可能比有生草层覆盖的土壤高2—5°C(昼夜平均值)。

一般說来,在整个苏联欧洲部分,裸露土壤上层的平均溫度接近于气溫(相差1-2°C),但是,只是昼夜平均溫度才有相对的一致性。实际上,土溫与气溫的一致只是在早晨和黃昏。在其它时間,土壤和空气的热状况就有了差別,而且,愈是接近土表,这种差別愈大。

土壤的覆盖物(夏季是植被,冬季是雪被)对土壤中热量交换的年进程和昼夜进程有很大影响。

通常,夏季的土溫随深度的增加而递减,冬季則相反,随深度 而递增。夏季,晴天中午土表溫度和5—10厘米深度上的溫度相 差不超过1—5℃(图 15 和图 16)。阴天,溫度随深度的差別很快 就拉平了。

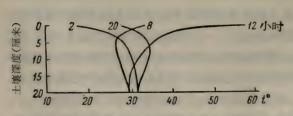


图 15 荒漠条件下土溫的变化, 1945 年 8 月29日2点, 8 点和 20点, 可雷斯(根据 Сапожникова, 1950 年)

春季,沙质 土比重壤土增热 迅速,因为后者 含水分較多,因 此热容量較大; 同时,一部分热 量要消耗于蒸 发。夏季沙质土 耕作层的温度可能比粘质土的温度高 1—3°C。矿质土和泥炭土之間的温度差别更大。特别在生长季初期,泥炭土比矿质土冷得多。草类沼泽的泥炭土具有不良的导热性,其中的大部分热量消耗于蒸发。蘚类沼泽表层的导热率不大,而下层的热容量也不高,因此,这种沼泽表面的蒸发很少。

耕作性质对土溫表現出影响。 在壠耕或畦耕的情况下,土壤增溫 比較剧烈。壠上的土溫一般比平地 的高 1—2°C。

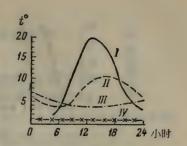


图 16 列宁格勒州巴甫洛夫斯 克 夏季沙质土不同深度 上的 溫度昼夜进程(根据 Сапожни-кова, 1950 年)

I ──1厘米; Ⅱ ──10厘米; Ⅲ ──40厘米; Ⅳ ──80厘米。

土壤表面植被的存在使田間小气候发生 重大 的变化。播种后出苗前的初期,耕地的小气候与秋耕休閑地的 小气候沒有差别。出苗以后,随着幼苗的成长,具有不同播种作物的田間的小气候就开始彼此不同了,因为每一种作物都有它自己的特殊小气候。

随着草群的发育,植物表面就成为作用面了,因为它吸收投射来的輻射;而且把所获得的热量进行分配,把它传递給空气和下面

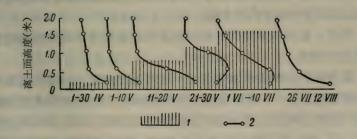


图 17 在黑麦的不同高度情况下,黑麦播种地和未播种的空地上正午气温的分布(7月26日—8月12日)(根据 Γeйгер, 1931年) 1——黑麦高度; 2——1°C的温度变化。

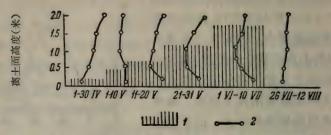


图 18 在黑麦的不同高度情况下,黑麦播种地和未播种的空地夜間 气温的分布(7月26日—8月12日)(根据 Γeйгер, 1931年) 1—黑麦高度, 2—1°C的温度变化。

的土壤(图 17)。这种表面也放出热量, 并且因而夜間冷却最甚。 在这样的情况下, 首先是土壤溫度状况发生变化, 土壤中的总热量 减少, 溫度的昼夜变动幅度降低(图18)。

作物的反照率(下垫面的反射能力)不同,不同的吸收太阳輻射的能力,以及草群密度的差別,所有这一切使各种大田作物草群中和草群之上的溫度状况产生很大的差异。这种差异对消耗大量热量的蒸发有很大影响。

最高和最低溫度出現在草群的上面部分。在秋季夜間冷却的时候,可能出現下列情况:土表和土表以上2米处的溫度不低于0°C,但植物却經受了霜冻。

空气的絕对湿度以植被表面的为最高;这里的蒸发值最大,因此,这里空气中为水汽所丰富。

夏季,植被內部空气的相对湿度在正午比2米高处的相对湿度高20—30%。

播种地中的风速也发生改变。这种变化依賴于植物的高度和它們的密度。C. И. 湟波里辛 (Небольсин, 1922) 在燕麦播种地的不同高度上以及它們上面所进行的覌測表明。当燕麦的高度为55厘米时,如2米高处的风速是1米/秒,在50厘米的高处已經完全静寂;1.4米/秒的风在25厘米的高处静寂下来,而2米/秒的风在距地表15厘米的高处平静下来了。

水体对小气候的影响

湖泊和大型水庫滨岸的小气候

陆地和水体的增热和冷却条件的不同,水陆表面蒸发的不同, 它們表面糙度的不同同样造成小气候的很大差异。

不仅溫带地方的,而且热带地方的水体都比陆地溫暖。只有位于非常干旱地区的湖泊,由于水面蒸发强烈,其年平均溫度比四周陆地要低。草原地带的水庫也是如此,例如齐姆梁斯克水庫和斯大林格勒水庫,它們夏天的溫度就比邻近它們的陆地低1°C。

水体影响周围陆地小气候的距离依賴于水体的大小、深度、滨 岸性质以及天气条件。水陆微风环流是促进水体影响陆地滨水地 区的因素之一。

夏季水面和陆地温度昼夜进程的差异导致了这两种表面之間的水陆微风环流。白昼的水陆风从水面吹向陆地,夜間則从陆地吹向水面。水陆风不仅見于海上,而且見于大型湖泊和河川的岸上,例如拉多加湖岸上和伏尔加河上。但是不大的和較小的水体,只有在滨岸平坦,平緩或坡度不大的情况下,才能对内陆的沿岸地带,不超过2—5公里的范围内发生影响,而且,这种影响仅在离岸0.5—1.0公里的距离内有明显表現。如果有沿湖岸伸展的高地存在,即使是大湖(如象拉多加湖),这种对小气候的影响在最近一个丘陵的后面就已觉察不到了。

水陆环流对温度和相对湿度的昼夜进程有极其强烈的影响。由于水陆风,白昼的最高气温减低。傍晚,温度开始下降,但在白昼的水陆风停止之后,温度可能又稍有回升。白昼的絕对湿度几乎不增加。根据观察,北方水体沿岸的相对湿度要增加百分之几,而南方的要增到10%。

在晴朗无风的夜里,由于水陆风,陆地上下层空气得以很好地混合,从而减小了夜間最低温度。因此,水体沿岸,通常沒有霜冻,

或者大大减弱。

夏季,水体很好地增热,并且长期将热保持,因此,沿岸的无霜期比远离水体的地方多2-3星期。在大湖中的島屿上,无霜期几乎延长一个月。所有这些情况对北方大型湖泊的滨岸和島屿特别重要,因为許多农作物可以向北移往这些地段。

人工水庫由于深度不大,对沿岸溫度的影响比天然水体小。 例如,雷宾斯克水庫对其四周岸上那些地点的溫度沒有影响。但 是,由于低洼地段的潜水上升,致使土壤强烈湿潤甚至过度湿潤, 夏天引起土溫的下降,在个別地段甚至引起沼泽化。

草原地带水庫的影响带有局部性,例如,对沿岸地带温度的影响在离岸3-5公里的地方就已消失了。

在干沟和小河谷上筑垻修成的不大的人工水庫常常能消除冷气流对附近田地的有害影响。

植物丛生的浅水湖上层水溫和水上气溫的特性

这里的溫度进程不仅依賴于收入的太阳輻射熱,而且还依賴 于通过輻射和蒸发損耗的热量。此外,水和空气之間的热量交換 以及水和水体底部之間的热量交換也起作用。在近岸处和水体的 浅水部分,底部的影响特別强烈。由于水中的强烈交換过程,底部 的影响一直达到水面。

在浅水湖中,丛生的植物强烈地影响水溫。例如,在不深的 (深度 50 厘米左右)但植物丛生的湖泊中,晴天距水面 1 厘米深处 的溫度昼夜幅度在 10°C左右,但在 40 厘米的深度上,只有 4°C左 右。在同样性质的,但沒有丛生植物的湖泊中,就是阴天,水面的 溫度幅度也在 12°C的范围內变动。这种差別是由于 植物 丛生湖 泊的水面被遮阴和水体本身的微弱交换。

如果要追溯植物丛生的湖泊中水溫随深度的变化,那么可以 发現,傍晚,由于底部放出热量,所以底部附近的水开始增溫,但 上层的水这时却已发生冷却过程。白天,由于太阳輻射透过水层, 以及由于增溫較多的边岸的热传导,水体底部获得最大量的热,在 16点左右观测到的底部最高溫度說明了这个事实。

沒有植物丛生的水体的水面附近的气温比植物丛生的湖泊要稍高些,这是由于后者的水面被植物强烈遮蔭,但是在草群的高度气温比沒有植物丛生湖泊的同一高度的气温要高,因为,大量的太阳热被草群表面所吸收,然后又被它放出。傍晚,由于植被的强烈輻射,这里的温度比沒有植物丛生的湖泊之上同一高度上的低些。冷却的空气沿着草茎下沉,因此这时就是在被植物遮蔭的水面附近的温度也比开曠水面的低得多。

在植物丛生湖泊的近岸处,水深 10 厘米左右的地方,温度的 分布情况与陆上草本植被中的温度分布情况相似。这里的水不流 动,它的表面与同样条件下的陆地表面类似。

河漫滩小气候

河漫滩的小气候与不閉塞的、而有气流的低洼地形的小气候相似。夏季,河漫滩上的昼夜平均气温比高岸上的低1.0—1.5℃,而空气湿度高 10—20%。由于潜水埋藏不深,而雪被深度比高岸上的大的多,所以在冬季这里150厘米深处的土温比河漫滩以外的高 1.5—2.0℃,夏季,河漫滩这一深度上的土温則低 1.5—2.0℃。河漫滩的土壤冻結深度比基岸的浅。

沿河漫滩吹的风由于气流受到狭束而比高岸的风强烈。风横 过河漫滩吹时就要减弱或者在河漫滩中完全消失。风向以一定角 度与河谷斜交时,就要稍許改变自己的原来方向。

灌溉地区的小气候

人工灌溉造成与周围环境显然不同的特殊小气候条件。由于 蒸发增加,土温就大大降低,从而,近地面层气温也大大降低。如 果灌溉面积小,那么灌溉地段上的气温在土表以上2米的高度上 已与周围地区的温度相等,同时白天在灌溉地段上空形成温度逆增。在人工灌溉面积很大的地区,甚至超过2米的高度,气温还比周围非灌溉地段的低得多。在中亚的綠洲中,夏季2米高度上的温度比荒漠中的低3—4°C。傍晚,当风力减弱,但蒸发还是继續的时候,出現最低温度。灌溉地和非灌溉地土表温度的差别特别大,可以达到30°C。

在灌溉地段,空气的絕对湿度和相对湿度都增高。七月,灌溉地段和非灌溉地段絕对湿度的平均差值可以达到3—5毫巴,而相对湿度——6—8%。

灌溉地段和非灌溉地段的气温差异造成地方性的空气环流, 在綠洲和荒漠之間这种环流特别明显。灌溉地段(綠洲)的比較冷 的空气流向非灌溉地段(荒漠)。在反气旋的天气条件下,整个昼 夜期間都有这种环流,因为灌溉地段上的降低的温度不仅在白天 出現,也在晚上出現。

在晴朗干燥的天气,灌水后最初几天的小气候要素变化特别强烈,随着土壤的干涸和蒸发速度的下降,变化的显著性漸漸緩和。灌水以后經过几天,1.5—2.0 米高度上的溫度和湿度与非灌溉地段的差別就开始消失。

观測表明,无論在灌溉产生最大效应的荒漠中,或者在灌溉能保証每年有稳定产量的森林草原地带,在灌溉的影响下,小气候都有显著的改善。

还应該記住,在有多余热量可以用于蒸发的地方灌溉是有益的。如果热量不足,那么灌溉在造成过度湿潤的同时,甚至将吸收沒有灌溉时所储存的不多的热量,因而縮短生长期,可能引起某些作物的不能成熟。

小气候研究方法

基本知識

为了研究小气候,必須組織专門的覌測,这种覌測是不同于全 国气象站网的覌測的。

气象現象的綜合体非常复杂而且多种多样。气候与其它自然 地理因素之間的相互作用也是很复杂的。小气候的現象还要更为 多种多样。由于这个原因,不可能对地表每一地段进行研究,也不 可能以直接的观察遍及全部谷地、林园、斜坡、綠洲和其它地段。 由此可知,小气候工作可以只限于非常仔細地研究在某一典型地 段(例如在該大小和周围林型条件下的典型林間空地,一定坡向和 坡度的斜坡等等)的地境条件中所发生的全部过程。从这种研究 中所得出的結論可以引伸到其它地域的类似地段。为此,研究者 必須首先明确研究的主要对象幷从而提出自己的一定任务。根据 提出的任务选择观測时間,观测員的人数,有关的仪器和进行工作 的方法。

研究任务之所以必須明确安排还由于, 小气候观測通常是在 一定季节和一定时間內进行的。

由于研究小气候不需要获得长期的一系列的观測資料(这种 資料可以闡明該景观地段气象要素的最精确特征),所以应該在短 时間內得到不同天气类型情况下的一系列观測資料,以便仔細分 析被研究的有限地域的不同地段的小气候特性。

所有讀数的詳細和正确以及記录的准确是进行任何观測,特別是小气候观測的基本条件。为了使观測資料便于比較,进行观測 应該使用同一类型和經过校正的仪器。由于小气候观測的期限一般不长,所以必須使有可能,对比在各小气候观測点所获得的結果和研究地段附近各长年观測站的結果。

在小气候观测期間,有时天气条件与当地的正常情况可能很

不相同,这时,为了确定所获得一般的說有多大的典型性的資料, 必須利用附近长年工作的气象站的同时观測資料。

小气候研究的組織

由于小气候研究的目的和任务不同,研究的組織也可能不同。

- 1)在許多情况下,根据常年气象站的观測資料,可以了解气候的地方特性。例如,要是气象站位于广闊林間空地的中心,那么,这个站就能足够完全地代表与开曠地点(那里分布有其它的长年气象站)相比較的这个空地的气候特性。甚至根据月平均数据,也可以发現林間空地与开曠田地的溫度和湿度状况的差別以及风速和风向的差別。如果在研究地区沒有常年站,就必須組織临时的观測站。将这些站的观測結果与附近常年站的同时观測結果进行对比。
- 2) 如果必須在較短的时間內将覌測遍及頗大地域,就要組織汽車覌測。为此,可以利用很好地防护不受太阳輻射影响的慣性小的自記气象計类型¹⁾ 的专門自記仪。为此目的同样可利用专門的裝置,例如摄影記录装置,每隔一定时間,通风干湿球溫度表的讀数就会拍摄下来。在研究地域的一定典型地段还可以从汽車上下来利用輕便仪器进行覌測。只是在这种情况下須要将获得的数据与研究地域內附近一个气象站仪器上同一时間的讀数进行比較。在整个研究期間,这个站的自記仪器应在进行汽車覌測的相应高度上进行工作,或者每隔半小时記录这一高度上仪器的讀数。
- 3) 为了全面研究具有不同景观条件的較大地域的小气候,应 組織称为"联合站組"(Kycr) 的整組的临时观測站。这些临时观测 啃或者分布在常年站的周围,或者分布在研究該地域小气候时专 門組織的气象站的周围。如果有常年观測站,那么它的工作計划 中就应包括在观測哨上进行的那些时間的观測,并且要采用观测

同时記录 2—3 种气象要素(例如压力、溫度和湿度)变化情况的仪器称为自記 气象計。

哨所采用的同样的仪器。如果是临时气象站,那么,除了与观测哨相类似的观测以外,还应該在长年站进行观测的时間用长年站所采用的那些仪器同时进行观测。在这个站上同样应有自記仪工作。

联合站組的观測哨这样分布,使得它們包括一切典型的和从 实践观点看来是重要的景观条件(各种植被类型)。例如,为了研 究地形对小气候特性的影响,就要依靠位于平地上的常年气象站, 或者在这样的地点設立临时(控制)观測站。在浅凹地中,在不同 坡向的斜坡上,在高原状的地段等等設立临时观測哨。为了研究 森林对小气候的影响,就要在森林影响之外的开曠地点选择或設 立控制站,而在具有不同林冠郁閉度,不同性质的灌木层和其它层 的各种性质的森林植被地段組織临时观測哨。

小气候哨的观測結果应与控制站的同时观測結果进行比較。 **联合站組的各**小气候哨的气象要素数值与控制站的差別即代表不同景观地段以及各个地段之間的小气候条件的特征。

如果不仅要求知道被研究的景观地段(植被类型)的小气候要素的差异程度,而且要求知道各要素的絕对数值的話,那就要把在临时控制站上观測所获得的数值与附近观測年限很长的气象站的数值进行对比。在这种情况下,这个站最好是在景观条件与联合站組的控制站相似的地段。这样的对比,不管是一定时間的平均值或是具有不同天气性质的个别日子的数据,都使我們有可能較准确地評定被研究地段(植物群落)的气候。所获得的差值在相应整理的情况下,可以推广到一年中的不同季节,用以一般地鑑定联合站組的各观測哨所在地的气候条件。

最准确的結果是在进行小气候观測的全部地点都遵守研究的 同时性的情况下才能获得。但是,为了这个目的需要有大量的观測 員,而这不是經常能办到的。

4)如果研究者所掌握的观測員人数不多,仪器数量有限,那么,可以通过所謂路綫小气候观測来进行小气候研究。为此,在研究地域的平坦开曠地点組織一个临时控制气象站,按照常年气象站的观測計划进行观測,并具有补充設备,借助于組織这种控制站

計划在路綫观測点上进行观測。在研究地段的不同部分,根据提出 的目的和任务,設立一些标点,观測員按这些标点可以找到該观測 点。在預定的时間內,观測員带着仪器,順序走遍規定的各个点, 根据規范进行观測。

这样的路綫可以順着能使覌測者返回起点(控制站)的曲綫来 完成,也可以順着直綫走,以便来回都能在同一的各点上进行覌測。 如采用这种工作方法,对于同一个覌測点必須获得不同天气条件 和不同钟点的一系列資料。在路綫覌測的时間內,控制站应在同一 时間进行象在路綫覌測点上进行的同样的覌測。

控制站的任务是收集評价当地一般气候条件的資料,查明研 究期間天气条件与根据附近气象站多年观測資料所确定的当地平 均天气条件的关系。

覌測的組織

在进行小气候观測的时候,要研究各个景观要素(特別是植被)对气象数值的制約性。应該研究地理座标,地点高度,地形形态,土壤和植被性质,并且考虑到它們的动态加以記載。上述景观要素可以从它們对被研究的小气候要素的影响的观点加以記載,也可以从气候对它們的可能作用的观点加以記載。为了理解被研究现象的原因和物理实质,为了能把获得的結論推广到其它类似的地域,这种描述也是必要的。

自然地理因素的評定可以是描述性的和图解性的(图式,剖面,平面图,地图,照片等)。其中务必包括不論是进行研究的样地本身,或是样地周围地方的地形、土壤、植被特性的記載。所有距离和面积都应以米和厘米表示。样地位置的高度一般借助于气压計高程測量来确定。必須在整个覌測期間注意記載天气条件的变化。

小气候指标密切依賴于观测的钟点,也密切依賴于云量、云的 性质以及其它天气条件。当这些条件改变时,小气候指标不但改变 数值,而且还可能改变正負号。例如,溫度和湿度分布的差异是在 晴朗无风的天气表現得最强烈。大风时,这些差异迅速减少,特别是随高度的增加而减少。与风状况相联系的小气候状况則相反,在风速最大时表現得最显著,如象在雪被的搬运和堆积时所观测到的那样。因此,为了估計这一切的影响,观测必须在不同天气条件下进行。

由此可見,进行小气候观測时,必須作天气日志,系統地記載 見到的和感到的一切变化。在整理資料时,这种日志非常有用,許 多驟一看去不易理解的小气候要素数值的变化将可以用天气条件 中的这种或那种改变去解释。

观測时間

为了使获得的資料能与常年气象站的資料进行对比,控制站应該在几个主要气候时間——当地平均时間 1 点、7 点、13点和19点进行系統的观測。在固定观測哨或路綫观測哨进行小气候观测的那些日子里,控制站应每隔 2 小时观测一次,但这些观测时間多必包括主要时間(1点、7点、13点和19点)。

由于地方条件主要是影响气象要素的昼夜进程,为了便于对照,控制站最好是有自記仪器——日轉自記溫度計和日轉自記湿度計。連續記录的优点是:根据这样的記录很容易确定小气候特征表現最突出的时間,只靠定时观測,这一点是不可能查明的。

在稳定的晴天条件下,应該作每隔 2 小时的整昼夜的观測,同时这里面应包括主要观测的各个钟点。在固定观测哨或路綫观测哨通常是从日出到日落这段时間每隔 2 小时观测一次。在相应的天气条件下,这里还必须与控制站的观测同时每隔 2—3 天进行整昼夜的观测。如果因观测員不够而不能作到,而且一个观测員須照顾两个观测哨的話,那么,可以在其中一个观测哨进行偶数钟点观测,而另一个哨进行奇数钟点观测。当必须将获得的资料与观测年限很长的气象站的资料对比时,在任何情况下必须坚持根据观测地点經度所确定的当地平均时間。如果观测的目的只是为了得到

两个或若干个地段的比較小气候特征,那么进行观測的时間就可以用民用时間。在这种情况下,如果要查明最高最低溫度,就应在日出(为了确定最低溫度)时和当地平均时間14—15点(为了确定最高溫度)进行观測。这些时間之所以比較方便还由于最高溫度+最低溫度的数值与整昼夜观測得出的昼夜平均溫度非常接近。

野外小气候观測的持續时間

进行野外小气候观測所必須的持續时間很难准确地規定。全部依賴于天气条件,天气条件不是預先可以估計的。

在綿雨日子里,以及在大雨之后,小气候数值对研究地段并沒有代表性。在这样的天气条件下,观測哨的观測和路綫观測最好都不进行。不过控制站即使在这样的日子还应在1点、7点、13点和19点进行系統的观測。

在有利的天气条件下,例如在稳定的晴朗天气,要得到稳定的小气候鑑定,2—3天时間已够。但是,为了全面地鑑定研究地段的特征,还必須在阴天和云量多变的日子各进行2—3天以上的观测。

如果观測时間較长,例如3-4星期,那么可以获得各个地段的稳定差异,并从而获得比較确切的特征鑑定。但是,有这样的情况,較长期的观測往往不能訂正結果,例如,如果天气条件非常不稳定和很快地发生变化的話。有时,在很长的观测时間內甚至选择不出三天,以便在一定性质的天气情况下获得小气候差异的鑑定。

用于小气候观測的仪器

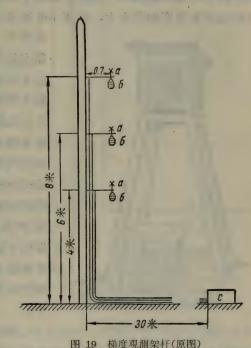
供小气候观测的仪器应該不要笨重, 并且使用时不破坏下垫 面自然覆盖(植被)中的条件。

目前,专門小气候观測采用的是所謂遙測仪器,其接收部分是

安放在被研究的条件中——草群中、树冠上、离地面各种高度的专門架杆上。把仪器安装在架杆上使观測員有可能在离地表 4、6、8 米甚至 15—17 米的高度上进行观测。在架杆的各种高度上安置电阻温度表的接受器、温差电偶 (термопара) 或热变电阻器 (термистор) (半导体温度計)。这些温度計的讀数根据离架 杆 12—15(最好是30)米处的电流計量出。电传风速表也固定在这些架杆

上,这些风速表的讀数記录在自記仪的一根普通紙带上。自記仪安装在离架杆12—15米的地方,在其上同时进行7—8个高度上的风速的記录(图 19)。这种装置只用于专門的研究并要求熟练的观測員来操作。

大量的小气候观 測是用較簡单的机械 仪器——普通通风干 湿球湿度表,手提风 速表和不同类型的温 度表来进行; 也采用 一些自記仪器。机械 仪器的主要缺点是,



a——电传风速表;6——保护装置中的电动干湿球温度 表;c——风速自記器和設置在保护装置中的干湿球温度 表的讀数器。

記录讀数时必須靠近仪器跟前,以致草被受到践踏,从而引起所获得的讀数的誤差。为了保証草群的完整,观測員应永远沿着同一路 径走近仪器。然而,仪器下面的草群将来仍然会受到破坏,因此, 安装仪器的竿子应定期地挪到另一个草群未受改变的地方,但不 宜距原来地点很远。在观測記录簿上必須記載測竿的挪动情况。

控制站的装备

在控制站上应該在普通(图 20)或簡式气象百叶箱內装設自記仪器——日轉自記溫度計,日轉自記湿度計。通常在气象站上观測是在 200 厘米的高度上进行。但由于 200 厘米和 150 厘米高度上的溫度和湿度相差不大,而在 150 厘米高度上进行观測可以不

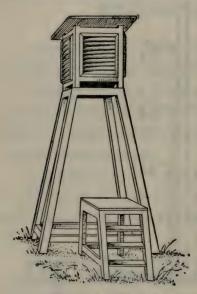


图 20 气象百叶箱(原图)

用梯子,所以在野外可以把仪器安装在 150 厘米的高度上。这个高度与中等身材的人的视綫水平相当。在野外控制站,放自記仪器的百叶箱应装在 150 厘米和 50 厘米的高度上。气温和空气湿度的定时观测,按照地球物理总观象台的建議,可利用安装在 150 厘米,50 厘米和 20 厘米高度上(图 22)的阿斯曼干湿球温度表(图 21),但是根据工作的目的还可以采用别的补充高度,例如草群的高度。

200 (或 150) 厘米高度上

的观测对任何研究都是必要的,因为可以把这一高度上的气象指标与长期观测气象站的資料联系起来。

安置通风干湿球溫度表可以用一根或两根竿子。其中一根竿子的直径 5 厘米左右,高 240 厘米左右,竿子埋入土中約 50 厘米,使露出地面的高度为 190 厘米。干湿球溫度表安放在水平的位置,使温度表的球部位于地面以上20,50 和 150 厘米的高度。为此,干湿球溫度表用結实的細绳悬挂在釘在測竿的釘子上,绳的一端系在仪器的頸部,另一端系在仪器的喇叭口上。为使干湿球溫度表保

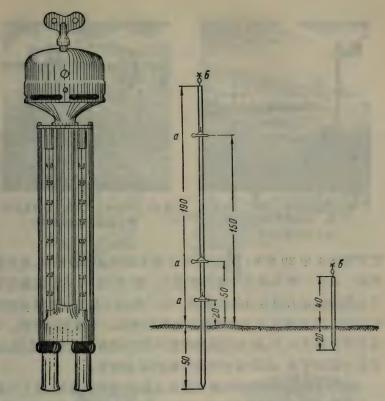


图 21 阿斯曼通风干湿球温度表(原图)

图 22 仪器装置示意图(原图) a——通风干湿球温度表; 6——手提风速表。

持水平位置(图 23,图 24),绳上要作一活結。也可以在測竿的各相应高度上作小架,把干湿球溫度表平放在架上;这样安置的仪器比較稳定,就是有风的时候也不会搖摆。也可以不把 3 个干湿溫度表挂在一根竿子上,它們之中的一个可以利用离第一竿子不远的另一根測竿。安放干湿溫度表时,保护溫度表球部的管子的喇叭口应該朝向风吹来的方向,但必須注意,不能让太阳光綫照进口內。

手提风速表(图 25) 安置在离土表 50 厘米和 200 厘米的高度 上。在后一情况下通常利用悬挂干湿球温度表的那根竿子。为了 在 50 厘米高度上安置风速表单独利用一根长約 60 厘米的竿子,



图 23 在黑麦地中,通风干湿球温度 表,风速表和特列吉雅科夫风 速計的装置(原图)



图 24 在草甸上,通风干湿球溫度表和土溫表的装置(原图)

把它埋入土中 20 厘米(图 22)。 等子的上端削成鈍圓錐形,在其頂部钻一孔眼以便风速表的螺絲釘旋入。把頂端削成鈍圓錐形是为了減少风速表附近气流的旋涡。 第二根等子与第一根等子相距3—5 米, 联結两根等子的直綫应与风向垂直。 不观測的时候, 风速表不宜放在风中, 因为这样要縮短仪器的寿命。 在观測之后, 或者把它們卸下来, 或者用专門的厚紙护罩盖起来。

在竿子的頂端,在200厘米高度上的风速表的底部,系上一根輕巧的带子——风向旗——用以判定风向。在竿子的基部附近,地面上应放一个手持罗盘仪,以便測定水平地面的方向。也可以环繞竿子基部設置8个有方位标記的木桩。

在控制站上观測风速和风向也可利用特列吉雅科 夫 风 速 計 (图 23 和图 26),借助于这种风速計立刻确定 200 厘米高度上的风速和风向。但这种风速計也有不便之处,因为在 50 厘米的高度上不能用它,而为了对比观测的结果,后者应該尽可能采用同一类型的仪器。此外,采用手提风速表比采用风速計观测的精确度要高。

在控制站上測量降水量应設置雨量器(图27)或最好設置具有 防护的特列吉雅科夫降水量器(图28);这样有可能对比研究地段 的降水量和长年气象站上同时測定的降水量数值。



图 25 手持风速表(原图)

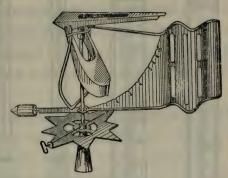


图 26 特列吉雅科夫风速計(原图)



图 27 雨量器(原图)



图 28 特列吉雅科夫降水量器(原图)

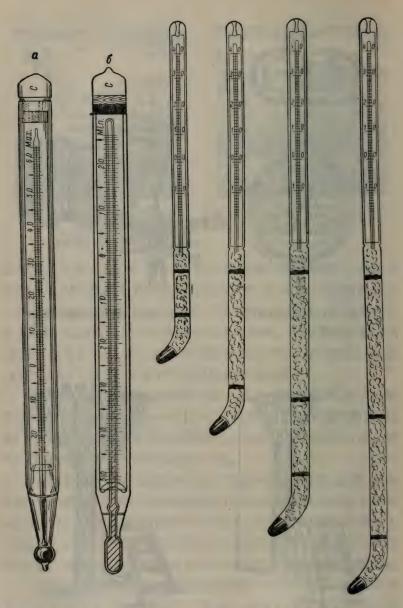


图 29 最高(a)和最低(6)溫度 表(原图)

图 30 沙維諾夫土溫表(原图)

在控制站的一个沒有植被的裸露的地段上,在地表安置溫度表(定时溫度表,最高溫度表和最低溫度表,图 29)和在5,10,15和20厘米的深度上安放沙維諾夫土壤-土质溫度表(图30)。所有这些溫度表都应按照气象站的規范安置,以便有可能对比所获得的資料与长年气象站的資料。

但由于小气候数值的主要差别依賴于下垫面的性质,所以在 控制站上必須在典型的自然植被中設立第二套土壤溫度表。在这 种情况下,必須小心地把沙維諾夫溫度表放入土中,尽可能不要破 坏自然植被。为了不踏坏溫度表周围的草,应采用輕便的小木桥, 在覌測之后便立即拆除。

除上述溫度表外,晚上还应在离土表 2—3 厘米的高度上安放 一最低溫度表,因为正是在这一层出現最低溫度。

路綫覌測点(哨)的装备

如果观測哨位于仪器可长期放置而无損坏危险的地方,同时仪器数量足够的話,那么这里就应安装控制站所安装的同样仪器。这里沒有自記仪器和測量裸露地土溫的溫度表也完全可以对付。如果仪器不够,为了进行观測必須把仪器和竿子一起从一个哨搬到另一哨的話,那么,局限于两个干湿球溫度表(而在万不得已时甚至一个也可以)和一个风速表也就可以了。当然,如果在这里仪器可以保全无損,每个观測哨最好能在自然下垫面上安置一些土壤溫度表。万不得已时,早晨应該在土壤上放置最高溫度表以測量最高溫度。傍晚記录該溫度表的讀数,然后把它拿开,換上一个最低溫度表,在次日早晨进行記录,然后再換上最高溫度表,余此类推。

如果必須在路綫覌測哨获得关于降水量的数据,那么可以利用田間雨量計。这是一个玻璃圓筒,它的上部扩大。圓筒上有相当于1毫米降水层的刻度。为了减少雨量計中雨水的蒸发,筒上装有漏斗。雨量計安装在木制或金属支柱上,其上沿应在离土表

观測程序

- 1. 自記仪器紙带上的讀数一昼夜記录 4 次,即在当地平均时間 1 点、7 点、13 点和 19 点观测,在讀数之后立即記录。
 - 2. 在讀完全部其它仪器的数字之后,讀土壤溫度表。
- 3. 在三种仪器都具备的情况下,干湿球温度表的讀数按下列 次序进行:
- (1) 从位于20厘米高度上的最下一个仪器开始,然后50厘米,最后是150厘米高度上的仪器,順序浸湿湿球溫度表和开动干湿球溫度表的通风器发条;
- (2) 浸湿后 3 分钟,按(1)的同样順序第一次讀各干球溫度表和湿球溫度表;并立即記下讀数;
- (3) 第一次讀数之后,再按同样順序开动干湿球溫度表,过两分钟后,进行第二次讀数;
- (4) 如天气晴朗干燥,在第二次讀数記下之后,象在第一次讀数前一样,重又浸湿和开动干湿球溫度表,过3分钟,进行第三次讀数;在阴湿的天气条件下,就不进行第二次浸湿湿球溫度表了。
- 4. 有两个干湿球溫度表时,一个装置在 150 厘米的高度上, 另一个根据研究任务的要求装置在 20 厘米,50厘米,或甚至草群 的高度上;在这种情况下,讀数的順序同上,即浸湿和开动发条都 从下面的仪器开始。
 - 5. 如只有一个干湿球温度表,讀数程序如下:
- (1) 将干湿球溫度表悬挂在50厘米或20厘米的高度上,浸湿,开动发条,經3分钟后,讀溫度表上的度数;然后再开动发条,經2分钟,进行第二次讀数;
- (2) 把干湿球溫度表轉挂在 150 厘米的高度上,在晴朗干燥的天气,把它浸湿(在潮湿多云的天气不必浸湿),开动发条,过 3 分钟,讀数,然后重新开动,第二次讀数,又重开动, 2 分钟后第三

次讀数;

(3) 重叉把干湿球溫度表挂在50(20)厘米的高度上,在这里 再照(1)的順序进行讀数。

如果要用一个干湿球溫度表在全部 3 个高度上 都 能 进 行观 測,那么程序应該是这样:首先把干湿球溫度表放在最低的高度 上,然后放在中間的高度上,最后放在最高的高度上;然后又把它 悬挂在中間的高度上,在这以后,在开始进行讀数的最低的高度上 結束最后一次讀数。浸湿和讀数的順序应按(1),(2)和(3) 所 規 定。

- 6. 风速表指針示度的第一次預讀必須在仪器安装在 竿子上时記录下来,这时应关閉轉数計数器。可以在开始进行 全部观測之前把风速表的計数器打开。开計数器的順序是先开 200 厘米高度上的,然后 100 厘米高度上的。經过 10 分钟(如风速很大,5分钟就够了)后,按同样順序关上計数器。讀数和記录計数器的示度可在任何空閒的时間內进行。
- 7. 在对干湿球溫度表进行讀数之間的空閒时間,必須記录按 风向旗的风向,云量和云状,土表状况及其湿度(目測),草被状况。 还应該用符号表明日照程度。

在进行观測时,太阳盘的状况用下列符号表示:

- ○2——太阳完全露出,物影清楚;
 - ⊙ ──太阳为薄云所遮盖,物影微弱;
- ——太阳微弱地透过云层,沒有阴影;
- П ——完全看不見太阳。

在夜間,用同样的方式記下月照的情况,同时根据月象盈亏記下下列符号之一(标示的意义与太阳符号相同)。因之,在滿月时,

- ○²——月亮完全露出;
- 〇 ——月亮为薄云所遮盖;
- 月亮微弱地透过云层:
- Ⅱ ——沒有月亮,或看不見月亮。

为了使結果准确,上述的一組覌測应重复一次。第一次在覌 測时間之前 10—15分钟內开始,第二次重复在覌測时間进行;这样,就可以把从全部讀数中所获得的平均值准确地列入一定的 覌 測时間。

讀数之后,一定要把干湿球溫度表取下**并放入箱內**,以**免晒** 热。风速表可用罩子罩起来。

无論在控制站,或者在路綫观測哨,降水量一昼夜观測两次 ——在7点和19点。

覌測的記录和整理

控制站和每个小气候观測哨都应有单独的观測記录簿。为了 获得最准确的結果,建議不論在控制站或每一个观測哨都始終用 同样的仪器进行观測。

附录中(見附录 I, I)引用了根据在控制站和观測哨上的 观测的讀数記录及其初步整理的野外記录簿的样式。記录簿中包括了全部多种多样的观測項目,如果观測大綱簡略,就不必把各栏都填写。

在記录簿的首頁必須記下在控制站或在这个或那个观測哨进 行观測所用的全部仪器的号碼。可能同一套仪器要供两个或两个 以上观測哨使用,但每一个观測哨都应有自己的观測記录簿。

观測記录簿中表格式样应考虑到多种多样的观測項目。这里 記載三个高度上干湿球溫度表的全部讀数,从 3 个讀数中計算出 平均值幷訂正讀数,記录风速表計数器的讀数,計算出两个高度上 的风速,同时記載全部的目測項目。野外記录 簿上的記录应謄写 在小气候观測的綜合表(見附录Ⅲ和亚)中。表的格式也应考虑到 多种多样的观測項目。如果观測項目很少,那么相应的栏就可不 填。整理好的綜合表是进一步整理所搜集到的資料的基础。

为了将各地段的小气候条件进行对比, 按各种天气 类型(晴天、阴天和云量变化的天气)划分观测結果可获得清楚的資料。也

可以根据一昼夜的各个部分——白天和黑夜进行对比。在按照这种或那种形式将观測資料进行平均之后,图解法是比較所获得数值的最明晰的方法。分析曲綫图将提供关于小气候要素在时間方面的进程以及这种进程与观測哨的地境和其它因素的联系的清晰图景。

为了較一般地評价所获得的資料和有可能将它們引伸到任何 年份,不論是暖年或是冷年,并作出正确的有实践意义的結論,必 須非常仔細地整理这些資料。整理时,一个計算員的計算工作务 必得到另一計算員的核对。 观測哨的观測結果应与控制站的同时 观測結果作比較,同时后者应該特別仔細地整理和核对。

控制站的观測本身又应与常年气象站的观測联系起来,或者,象通常說的,把它們化为长期的,多年的观測級数。有关的指南 (Дроздов, 1956)介紹了現有的一些方法。根据这些方法,使我們有可能把 1,2 个月的短期观測化为长期級数。为了获得可靠的有实践意义的結論和进行科学的概括,任何小气候观测都应作这样的折算。

小气候观測記彔簿首頁

观测仪器

20 厘米高度上的干湿球溫度表, №...... 草群高度上的风速表, No..... 干球溫度表, №..... 50 厘米高度上的风速表, №...... 湿球溫度表, №..... 200 厘米高度上的风速表, № 50厘米或草从高度上的干湿球温度表, 地面溫度表 No. 第 于球溫度表, №..... 定时溫度表, №..... 最高溫度表, №..... 湿球溫度表, № 150厘米高度上的干湿球温度表, №..... 最低溫度表, №..... 干球溫度表, № 第二 套 湿球溫度表, № 定时溫度表, №..... 最高溫度表, №..... 最低溫度表, №.....

沙維諾夫系統的温度表

第 一 套 第 二 套 深度 5 厘米, № 深度 10 厘米, № 深度 10 厘米, № 深度 15 厘米, № 深度 15 厘米, № 深度 20 厘米, № 深度 20 厘米, №

附注: 更換仪器或将仪器挪到另外观测点上,都应記載。

观測記彔簿的表格式样

站名	(控制点)
哨名	(覌測点)
日期	
第一	, 第二組(划去不須要的)

					1	讀		数				
₹	象 仪		器	I	I	Ш	平均	訂正	訂正后讀数	两次重复 (組) 的平均数		
干湿球温度表	50厘: 高度	米或草群 上	{ 干球溫度表表湿度表表 是证据 是 是 是 是 是 是 是 是 是 是 是 是 是 是 是 是 是 是									
地面溫度表	第第	一套二套	大大学									
土壤各种深度。的溫度表	第	一 套	5 10 15 12 20 15 16 17 18 19 19 10 10 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11									
风速表	200	厘米高度 厘米高度 高度上	1			时間(秒)	讀数	(差	毎 砂度	风速(米/秒)		

风	向						٠	٠	٠			٠			٠		٠		
---	---	--	--	--	--	--	---	---	---	--	--	---	--	--	---	--	---	--	--

地面状况.....

水文气象現象和其它大气現象.....

草群高度 (厘米).....

附注: 第一組在記录簿左頁, 第二重复組在右頁登記, 两重复組的平均值只記入 右頁, 如只有一个观測組, 則在每頁都登記, 最后一栏一般不填写。 小气候观測綜合裴格式

注 谷 日照1)大气地表 草群 云量2) 現象|| 状况|| 高度 各高度(厘米) 上的风速 200 (米/秒) 20 上的飽和差风向 各高度(厘米) 150 50 20 150 衣 各高度(厘米)上的空气湿度(%) 20 型型 20 哨 (点)..... 150 友 50 湖 20 控制站..... 150 各高度(厘米) 则 T 20 的 20 4 华 垣 胂

如几占%以上,即填"阴";在所有其余的情况下填"多云"。 如⊙2和⊙占全部情况的%以上,则填"晴",

2) 城分数: 总云量。

小气候观測綜合表格式

N

邪邪

哨(点).....

控制站.....

	世		
	谷		
草群	高度		
土表		状况	
降水		(密米)	
日照1) 云量2) 降水 土表		(級) (毫米) 状况 (厘米)	
日照印		10 15 20 定时最高最低 5 10 15 20 性质	
	(¥)	20	
Sept.	(重)	15	
度 有植被覆盖的土壤	各种深度(厘米)	10	
覆盖	谷	10	
旅被	表	最低	
一年		最高	
	+	定时	
	*	20	
	E(厘)	15	
福課土壤	各种深度(厘米)	10	
that	各种	ro	
联	茶	最低	
-		最高	
	+	定时最高最低 5	
离地面2	里 不 同 及 一 一 后 局 年	八篇	
静		416	
Ш		軍	

则填"阴",在所有其余的情况下填"多云"。 如口占%以上, 則填"晴"; 如①2和①占全部情况的%以上,

境分数: 总云量。低云量。

2)

(李恒譯, 陈昌篤校)

参考文献

- Алисов Б. П., О. А. Дроздов, Е. С. Рубинштейн. 1952. Курс климатологии, ч. I и II, гл. «Микроклимат». Гидрометеоиздат, Л.
- Ацци Дж. 1932. Сельскохозяйственная экология, Сельхозгиз, М.—Л.
- Венцкевич Г. В. 1952. Сельскохозяйственная метеорология. Гидрометеонздат, Л.
- Воейков А. И. 1913. Опыт исследования климатов Кавказа, Метеоролог. вести., № 9—10.
- Высоцкий Г. Н. 1950. Учение о влиянии леса на изменение среды его произрастания и на окружающее пространство. (Учение о лесной пертиненции). Курс лесоведения, ч. III. Изд. 2-е. Гослесбумиздат, М.—Л.
- Гольцберг И. А. 1949. Климатическая характеристика заморозков и методы борьбы с ними в СССР. Тр. Гл. геофиз. обсерв., вып. 17.
- Гольцберг И. А. 1955. Микроклиматические особенности осушенных болот. Метеорол. и гидрология, № 2.
- Гольцберг И. А. 1957. Микроклимат и его значение в сельском хозяйстве. Гидрометеоиздат, Л.
- Гольцов И. М., С. А. Максимов, В. А. Ярошевский. 1952. Практическая агрометеорология. Гидрометеоиздат, Л.
- Дроздов О. А. 1956. Основы климатологической обработки метеорологических наблюдений. Изд. Ленингр. гос. унив., Л.
- Калитин Н. Н. 1938. Актинометрия. Гидрометеоиздат, Л.
- Костин С. И., Т. В. Покровская. 1953. Климатология, гл. «Микроклимат». Гидрометеоиздат, Л.
- Люндегорд Г. 1937. Влияние климата и почвы на жизнь растений. Сельхозгиз, М.
- Максимов С. А. 1955. Метеорология и сельское хозяйство. Гидрометеоиздат, Л.
- Методические указания гидрометеорологическим станциям. 1954. № 5. Гидрометеоиздат, Л.
- Методические указания, руководства, наставления Главной геофизической обсерватории (в рукописях).
- Небольсин С. И. 1922. Затухание ветра среди полевой растительности. Тр. Моск. обл. с.-х. оп. станции, вып. 1.
- Оболенский В. Н. 1933. Основы метеорологии. Сельхозгиз, М.—Л.
- Русин Н. П. 1955. Климат сельскохозяйственных полей. Гидрометеоиздат, Л.
- Сапожникова С. А. 1950. Микроклимат и местный климат. Гидрометеоиздат, Л.
- Сапожникова С. А. 1951. Некоторые особенности климата оазисов в

- условиях Средней Азии. Тр. Гл. геофиз. обсерв., вып. 30.
- Сапожникова С. А. 1954. Микроклимат орошаемых полей. Тр. Гл. геофиз. обсерв., вып. 45.
- Сенянинова-Корчагина М. В. 1949. Фитоклимат Ленинградской и смежных с ней областей. Уч. зап. Ленингр. гос. унив., № 124, сер. геогр. наук, вып. 6.
- Azzi G. 1956. Agricultural ecology. London.
- Geiger R. 1930. Mikroklima und Pflanzenklima. Handbuch der Klimatologie, Bd. I, Teil D. Berlin.
- (Geiger R.) Гейгер Р. 1931. Климат приземного слоя воздуха. Сельхозгиз, М.—Л.
- Geiger R. 1938, 1942, 1950. Das Klima der bodennahen Luftschicht. Aufl. 1, 2, 3. Braunschweig.
- Franssila M. 1936. Mikroklimatische Untersuchungen des Wärmehaushalts. Helsinki.
- Lundegårdh H. 1957. Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben, Jena.

地植物学研究时的基本水文勘查*

И. Н. 貝德曼(Бейдеман) Р. А. 費連柯(Филенко)

(苏联科学院植物研究所地植物学組;国立 列宁格勒大学地理-經济科学研究所)

关于地表水和地下水的一般知識以及 这些水与植被的相互作用

水是植物生活的最重要条件之一。在自然界它处于不断的循环中,并且是决定植被在地球表面分布的基本因子之一。象地表和地下逕流、土壤的变湿或变干、水体的形成或消失这样的現象,乃是自然界中总的水分循环的环节。所以,水分循环是使地域变湿、水系形成的基本原因,地域变湿和水系形成本身又是組成地球上总的水分循环的不可缺少的环节。

任一地域水文状况的特性是在自然地理条件綜合体的影响下 形成的,在自然地理条件中植被也占着重要的地位。因此,水分影响植被,反过来,植被也影响水的水文学状况。为了确定水交因子 和植被的相互联系和相互影响,必須組織綜合的研究,在綜合研究 的情况下地方的植被和水文以及水文地质条件能同时以充分的深 度被研究。

在开始說明水文研究方法的性质以前,让我們簡短地談談逕流形成的因子, 地表水和地下水的性质以及植被对这些水状况的 影响。

^{*} 作者們深深地感謝 JI. K. 达維多夫和 A. A. 罗德审閱手稿 幷提出 有价值的 意見。

地表逕流

地表逕流被理解为被河流带入海洋的那部分大气降水和流出 地表的地下水。

消耗在地表逕流的水量依賴于一系列因子,首先是气候条件、 地方地形的性质、斜坡的生草化程度、气候条件是这些因子中的首 要的:降水越多,它們的强度越大,蒸发越弱,地表逕流就越多,反 过来,降水越少,蒸发越多,逕流就越少。

地形的分割性促使大气降水迅速流走;在地形分割微弱的情况下逕流减緩。植被大大地影响着逕流,关于这点我們将在下面 較詳細地討論。

地表逕流的大小也依賴于地质构造-岩石的透水性,还依賴于 土壤的吸水能力:大气降水渗透的越多,它們沿地面流走的部分就 越少。地域的沼泽化程度和多湖程度也对逕流有很大影响。人类 的經济活动:其目的是为了控制和减緩逕流的水利工程建筑,农业 技术措施等等(积雪,筑河堤,順坡耕垦,栽植等)对逕流的影响是 巨大的。

因此,地域的水文特性是在处于紧密相互依賴和相互 作 用的 自然地理因子綜合体的影响下形成的。

以1秒钟立升表示的从1平方公里流域面积上流走的平均水量叫做逕流率(модуль стока),在苏联領土上它在广闊范围內变动着。这些变动是有規律的,并且与自然地理条件的改变相联系,在极北地区大部分降水用于逕流形成并且后者超过蒸发。在中部地带条件中逕流量和蒸发量相近,而在南方蒸发超过逕流若干倍。逕流强度改变的規律性和它对于景观特性的紧密依賴性明显地表現在5. Д. 查依柯夫(Зайков 1946 а)所編制的等逕流率綫图上。

在平原地域上逕流的改变带有地带性质。在俄罗斯平原和西部西伯利亚逕流从北到南减少。同时愈接近东方在同一緯度上逕流量开始稍微减少。如果斜坡为草本植被生草化,被森林或灌丛

覆盖的話,地表逕流在所有地带都减弱。正如 В. И. 魯 特科 夫斯 基(Рутковский, 1958)所指出,水量(водность)(逕流量)依賴于 气候条件和它們的动态,森林的組成和疏密度,土壤的物理和水分性质以及其它因子。在研究这个問題的时候,必須記住,不論逕流或森林被覆率它們都首先决定于气候因子。森林对逕流的影响在地域的不同自然地理条件下表現为若干方向:森林阻留地表逕流,延长水流入河床的时間,同时促使降水渗入土壤并以此增加河流的地下补給;森林减慢雪的融化同时在降水下落期間将它們阻留在自己的树冠上;森林蒸騰頗大量的水分,以此减少根分布层土壤的含水量,也就是把水汲到地表,这种水是能够借助于地下途径进入河流中的,森林在遮蔭土壤时减少土壤表面的蒸发,最后,防止土壤冲刷。

地表逕流在草甸斜坡上和农田中占以降水形式降落的总水量的 91—93%, 而在森林——1—4% (Костюкевич, 1949; Дубах, 1951)。

然而,象在 Д. А. 索科洛夫斯基(1952) 的著作中所指出的, 具有頗多森林被复的流域的地表逕流損失为地下逕流的增加所补 偿。森林土壤的大的渗漏能力和残落物层的持水性在很大程度上 促成了这点。在森林被覆流域中地表逕流的强烈吸收是在春季雪 融化时和夏季暴雨时发生。吸收的逕流过渡为地下逕流,这种地 下逕流在平水期补給河流、小溪和泉源。所以,森林調节着逕流。 这种年內逕流的調节可以以森林被覆的和森林被覆很弱的集水区 的降雨洪水(дождевый паводок)进程图表示(图1)。

一系列的逕流站的資料証明,森林被覆流域的总逕流略高于沒有森林被覆的流域。这可以用森林土壤的蒸发减低来解释,这种蒸发的减低补偿森林植被蒸騰的加大而有余。至于水分在蒸騰上的消耗,那么这个数量依賴于植被生活地点的地理緯度,乔木树种的性质和年龄,根系的深度和发育的程度,林下土壤的性质,地下水的埋深等等。

单位面积上植被的蒸騰量目前只能近似地确定。根据不同学

者的資料,森林蒸騰的水分数量是不一样的。根据約翰·基得勒 齐(Дж. Китредж, 1951)的資料,在紐約州——达到 100毫米,根据 А. А. 莫尔恰諾夫(Молчанов, 1950)的資料,在苏联北部——200—300毫米,在爪哇島上,根据約翰·基得勒齐(1951)——达到 3,100毫米。在苏联南部草本植被蒸騰 78—570毫米 (Бейдеман,

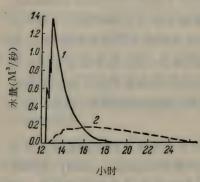


图 1 1948, ¶,10下杰維茨卡逕流站干沟中 降雨洪水的进程 (据 Соколовский, 1952)

1——彼得魯辛諾(森林被复率33%), 2— 烏雅沟(森林被覆率90%) 1956)。在林冠下总 蒸发量平均等于80—150毫米(参看表1—3)。被植被和土壤蒸发的总蒸发量(美国和英国学者的evapotranspiration)¹⁾在不同的植被类型中,在地球的不同地带是不相同的。在南方区域水生的、旱生的和盐生的草本植被与土壤一道蒸发107到293毫米。在不同类型的松林中总蒸发量变动于484—543毫米的范围中。从泥炭蘚沼泽蒸发507毫米。但是单独蒸騰不能

提供关于在空气中水分总耗損的概念。損失是由蒸騰、土壤的蒸发和植被的蒸发即阻留在植物叶子上的水分的蒸发組成。約翰·基特勒齐(1951)和 A. A. 莫尔恰諾夫(1952, 1953)都指出树冠阻留的水量和森林年龄之間的依賴性。例如,松树純林所阻留的降水依年龄而增加:从12年林子的20%到33年林子的32%,同时当年龄继續增加到150年的时候降至20%。云杉林的林冠阻留降水达37%,樺树林的林冠——28%。随着林木的变稀疏阻留的降水减少。

在上述 A. A. 莫尔恰諾夫的著作中引用了表示蒸騰, 林冠阻留的降水以及植被表面的蒸发的相互关系的曲綫图(图 2)。林木

¹⁾ 总蒸发量 (суммарное испарение) 被理解为蒸騰和土壤表面的水分的总的支出。

层的最大蒸騰和森林群落的水分最大总支出在达到33岁龄时出现。在比較年青的或比較老的林木层中蒸騰和总蒸发的支出减小,而土内巡流的水分数量同样强烈地改变着。在幼年林中树冠阻留水分很少,随着树木的生长这个数量加大。随蒸騰的升高土壤中水分数量降低。

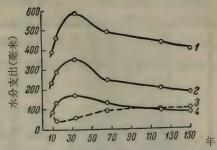


图 2 不同年龄的松树林木层中的 总 蒸 发 量 (1),蒸腾(2),草本-灌木盖 被 的 蒸 发 (3)以及树冠阻留的降水(4)的水分支出 (据 молчанов, 1952)

森林促使雪在林緣堆积

(图 3),同时,象已經指出过的,它使融雪和土壤冻結减緩,吸收水分,减少地表逕流,以树木的根固定土壤。

Г. А. 哈利东諾夫(Харитонов, 1938)的研究表明,在闊叶人 工林的高度为60厘米时,在經受风的打击的側面,积雪增加250%, 在411厘米高时达到417%,而在450厘米高时幼年林具有积雪 增加到430%的特性。春季雪的融化在森林中比在空曠地点进行的 較慢。水分較易渗入土质中,幷且因而阻止了地表逕流的形成,后 者在地面有大的傾斜的情况下具有毁灭性的力量。因此。森林有 防止冲刷的性能,草被也同样具有这种特性。草本植物(大部分是 禾草)所形成的生草从以根固結土壤的表层,改善土壤的結构和它 的物理性质,使它的持水性加大。土壤生草化 (задернованность) 的破坏导致大面积的土壤片触, 随之而来的是母岩的暴露以及春 季毁灭性的洪水。生草盖被的破坏,而有时是消灭,可能由过渡的 牲畜放牧所引起。在牲畜践踏影响下植被开始改变, 草从禾草逐 漸消失。沒有被生草毡块保护的地面暴露着幷且不再保持水分, 土壤的透水性减低。于是开始土壤的片蝕。大雨的水带走拆开了 的、抵抗水压的能力微弱的生草块。出現新的,不是生草形成者的 植物,它們較微弱地坚持在地面上。斜坡或地面裸露着,往后冲刷 进行非常迅速,以致于在一定的自然地理条件中导致冲沟的发育。

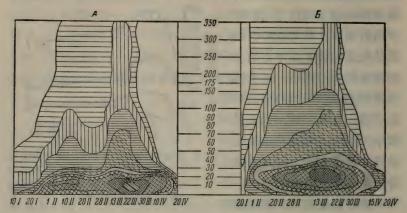


图 3 在距不同构造的八排林带的不同距离上雪的分布。 沃龙湟什 州, 1989年冬(据 Никитин, 1941)

A—密实构造, Б—稀疏构造。雪的厚度 (cm); 1—从10 到20; 2—从20 到30; 3—从30 到40; 4—从40到60; 5—从60 到80; 6—从80 到100; 7—从100 到140; 8—从140 到170; 9—超过170。

关于这个問題在 A. M. 謝苗諾娃-天山 斯卡娅 (Семенова Тянь-Шанская, 1951 a) 关于草原带的著作中有非常有趣的資料,在那里密实的禾草盖被为杂类草的演替,然后又为一年生植物的演替导致土壤上层根的飽和度的降低。根据这位学者的資料,在未被冲刷的斜坡上在大小为 25×25 厘米的样方上的根的 重量是 2,667 克,而在同样的条件中在强烈地被冲刷的斜坡上它等于 201克。

随着由于根的消失而引起的固結力量的降低显著地降低土壤 抗蝕的能力。由于过渡放牧和森林砍伐的結果而引起的植被的消 灭可能导致灾难性的冲刷,这种冲刷有时成为国家的灾祸。

与冲刷作斗爭的基本的方法是調整牲畜的放牧,制定放牧的 分区系統,放飼的定額和时期,冲沟的植林和种草,播种草类的选 择以及一系列工程措施。 冲刷和防止冲刷的措施的問題在 Д. Л. 阿尔曼德 (Арманд, 1954,1955 а, 1956 б), Ж. П. 加魯阿(Гарруа, 1954), С. С. 索波列夫(Соболев, 1948)、С. 阿尔捷尔和 К. 班契 (Арчер и Банч, 1955)、Н. И. 苏斯 (Сус, 1949) 以及許多其他人的著作中比較全面地討論过。

河 流

河流乃是从或多或少广大的, 称之为集水面积的地域收集大 气降水的,不断地运动的,比較大的水流。

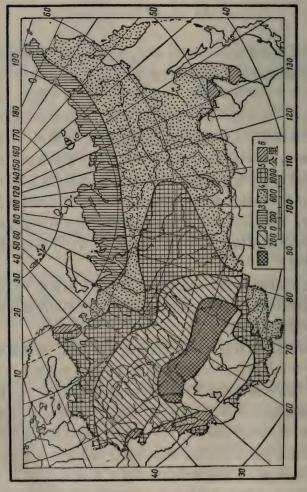
地球上所有的河流具有同一个补給来源——大气降水。但是陆地这一或那一部分被降水湿潤的程度依賴于它的地理位置以及与地理位置相联系的气候和其它自然地理条件。根据 M. U. 李伏維奇(Львович, 1938)的資料,苏联的河流有四个补給来源, 并且根据这个特征划分为雪补給河流、雨补給河流、潜水(地下水)补給河流和冰川(有高山降雪参加)补給河流。大部分河流同时具有三个补給来源: 雪的、雨的和地下水的,小部分河流从两个来源获得水,例如雪的和潜水的或雨的和地下水的。只有一个补給来源的河流很少見到。

从占优势的河流补給来源在时間上和地域上的更替中观察到 与自然地理地带性相联系的一定的規律。然而在不同地带获得补 給的大河不服从这个規律。

在苏联范围内雪补給对河流状况有最大的影响。春季融雪水的比重超过年逕流容量 50%的雪补給河流分布于苏联領土的 3/4以上。属于这样的河流有俄罗斯平原的大部分河流,西 部西伯利亚、平原哈薩克斯坦、中西伯利亚台原、西伯利亚极东北部、高加索北部的河流。高山的雪补給和冰川补給占优势的中亚河流和阿尔秦部分河流也属于这样的河流。在苏联領土的其余部分分布雨水和潜水补給的河流。有在整年中完全由地下水补給的河流(图 4)。在夏季苏联大部分河流具有雨水和潜水补給;有高山雪水参

加的冰川补給河流只具有有限的分布。冬季,而有时也在夏季干旱时期,有完全由潜水补給的河流。这三个补給来源提供的水量之間的对比关系从北到南,并且部分地从西到东改变着。

补給的性质以及气候因子的影响在很大程度上决定着河流的 状况(режим рек)。其余的自然地理条件对逕流的年內分布的影



按逕流年內分布的苏联河流类型图式(据。Львович,1945)

响要小得多。按照状况的性质,全部苏联河流,除了自然地或人工地調节逕流的河流以外,可以区分为(3aǔkoB, 1946)三組:1)具有春季氾水的河流,2)在一年中溫暖时期具有氾水的河流,3)具有洪水状况的河流。在洪水之間的間隙通常形成为偶然性洪水所破坏的低逕流(平水位)。在苏联領土上分布最广的是第一組的河流——具有春季氾水的。春季氾水到达的时間依賴于地点的緯度和海拔高度。在俄罗斯平原的西南半部春季氾水通常在3—4月观察到,在东北半部——4—5月,在西部西伯利亚低地的南部——5—6月,其北部——6月。在高加索、中亚、阿尔泰、西薩彥的山区,春季氾水包括从3月到6月的期間。

确定在每一个个别情况下的河流状况对于地植物学研究具有巨大的意义,因为一方面在地表逕流和地下水之間,另一方面在地表逕流和植被之間,在不同的期間存在这种或那种一定的依賴性。

河 漫 滩

水流的側向侵蝕和沉积物的堆积是河漫滩形成的原因。河流的河漫滩分布于沿河床的河谷中。这是河谷的低下部分,在汛期定期地被淹沒并且为現代冲积物所充填。从河漫滩深处的河床到基岸(或超河漫滩阶地)有規律地改变着地形、地下水、冲积物的机械組成以及植被。由于这个原因区分出下列河漫滩部分¹⁾:

1) 滨河床部分,河漫滩的最高起的部分,直接与河床邻接,由 具有壠崗(长丘)和壠崗間低地的比較輕松的沉积物組成(图 5)²)。 与河水相联系的潜水不具有停滯的性质幷且含氧丰富。在壠崗部

B. P. 威廉斯(1922, 1926)和 A. II. 謝尼科夫(1941) 曾經詳細地描述过河漫 滩的起源和結构。

²⁾ 該图式(图 5)的缺点是沒有表示出由古冲积物組成的阶地系統(主要是左岸的),而这种阶地系統是苏联平原部分的特征。

分它們埋藏很深,而在 壠 崗 間 低 地 接近地表。沉积泥的厚度很大——达到若干厘米。

- 2) 中央部分,比起第一部分来要比較低些,具有比較平坦的表面,由稍微比較粘重的沉积物,通常是壤土組成。地下水埋藏比較高,而在低地常常溢出地表。沉积泥的厚度 較小——达到几毫米。
- 3) 近阶地部分,是最低的和远离河床的河漫滩部分,位于超河漫滩阶地边緣,具有粘土冲积物。地下水非常接近于地表,由于这个原因河漫滩的这一部分大部分沼泽化。沼泽土或泥炭-沼泽土,粘性的,通气不好。沉积泥以毫米的十分之几量度。

在河流的河漫滩中通常生长特殊的河漫滩草甸或森林植被,它們处于完全特殊的生存条件中——水的定期氾滥和沉积泥的堆积。

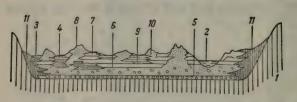


图 5 河漫滩构造的图式(据波波夫,1951)
1——基岩;2——河床;3——近阶地小河;4——古河;5——河床冲积的卵石层;6——河床冲积的沙;7——河漫滩冲积物;8——滨河床င流区的沙;9——古冲积物;10——风力吹揚的沙;11——冲积-坡积堆积物。

在氾濫河流 阶地上植被发育 的节律自然与河 流本身氾滥的时 期相联系,淹沒 的影响是依在一 年中的时間和氾 滥的持續性,覆 盖河漫滩的水层

的厚度,水的温度和它的化学組成而改变。

上面已經指出,大部分平原河流在春季由于分水界上雪的融化而氾滥(苏联欧洲部分和西部西伯利亚的河流)。晚夏,当强大的季风雨通过的时候,远东地区部分河流氾滥。有时河流的氾滥是在春季和夏季,这是发源于冰川的草原地带和森林草原地带的河流的特点。这些河流的第二次氾滥是由于河流发源的山区的雪的融化。因此,河漫滩植被自己生长期的一部分获得过剩水分,并且在所有情况下比起分水界上要获得較大量的水分。

按照淹沒时間的长度河漫滩分为长期淹水的(долгопоемная) (水停留不少于 30 天),短期淹水的 (краткопоемная) (水停留不超过 15 天)和中期淹水的 (среднепоемная)。不是所有的植物以同样程度很好地忍受河漫滩条件。一些植物种适应于这种条件并且甚至于改变自己发育的时期以符合氾滥的时間,另一些植物则死亡。

按照忍受水淹的程度植物区 分为三个类群 (Еленевский, 1936),长期淹水的——最能忍受淹沒(超过40天);中等淹水的 (умереннопоемное)——对淹沒的忍耐力中等(达到30—40天);短期淹水的 (краткопоемное)——忍耐能力很小(不超过10—15天)。И. В. 拉林(Ларин, 1956) 例举过关于这三个类群的植物名录。

河漫滩生境的第二个特殊条件是沉积泥的沉积,这种沉积泥的沉积对河漫滩中的植被和土壤形成过程有非常大的影响。植物很容易穿过沙,比較不容易穿过壤土和粘土冲积物。长根茎植物和根蘗植物較好地忍受厚层沉积泥的覆盖。許多植物种存活下来仅仅由于它們产生垂直萌条的能力。当壤土和粘土沉积泥以坚硬結皮形式变干以后(出現許多裂紋以后),植物不能穿过它,于是它們之中許多死亡。常常萌条只沿着裂縫穿出。按照"冲积性"(наносность) (Р. А. Еленевский 的术語)И. В. 拉林(1956)把植物分为三个类群:厚层冲积的(мощнонаносное)——生长在沉积泥2—5厘米厚的地方;中等冲积的(умереннонаносное)——具有0.5—2厘米的沉积泥;弱冲积的(слабонаносное)——沉积泥不到0.5厘米。

沉积泥包含着营养物质。沉积泥的化学組成依賴于什么样的 岩石被河流冲刷下来。它在不同的河漫滩以及甚至在一个河漫滩 的不同部分改变着。无机盐类最丰富的沉积泥 見于黑鈣土区域。沉积泥的沉积也改变土壤的物理 性质。按 照 С. П. 斯 米 洛 夫 (Смелов, 1955)的意見,沉积泥彷彿是保証較好的湿度条件,促进动物区系积极生命活动的覆盖物。

在渾浊的春氾水中具有頗大量的細菌,它們与沉积泥一起沉积下来。在它們之中发現有氨化細菌,硝化細菌和反硝化細菌,还有固氮者(固氮細菌和梭菌)。因此,沉积泥也是細菌的肥料。

沉积泥的沉积改变土壤形成过程的进程,这种进程同样也依 賴于它的数量(沉积层的厚度)。

可見,洪水进行河漫滩中植被的选择,而含营养物质丰富的沉积泥促进它的发育。被氾水沉积在河漫滩中的許多植物的大量种子也有助于这点。

不同地带的土壤-气候条件和植被自然影响到河漫滩的植被。許多植物种沿着河流的河漫滩基本上从北向南移动,同时有少量从南向北移动¹⁾。每一个地带有自己特殊的河漫滩植被²⁾。例如,在冻原和森林冻原中,那里河流的氾滥是暴风雨般的但持續时間不长。河漫滩的植被带有冻原的性质(小灌木,地衣和蘚类)。森林地带和森林草原地带的河漫滩草甸——这是苏联最好的草甸。在中央河漫滩部分地方有許多森林,在近大陆河漫滩有沼泽。在草原河流的河漫滩中观察到或多或少显著的盐渍化现象,这是小的降水量和制約于空气的高温的大的蒸发量所促成的。在荒漠地带河流主要在山区水川融化期間氾滥。荒漠地带的河流溶有象其它地带的河流那样有显明表現的河漫滩部分。

在河漫滩排水微弱和有經常丰富的地下水流的情况下常常发生氾水和潜水的联合,这种情况决定了土壤和土质上层丰富的或过剩的停滞水湿。发生局部的,而在許多情况下全部的河漫滩泥炭化,使它从矿物质的变成沼泽的。

有机物质以泥炭形式在河漫滩表面的积聚伴随着含水量的增 大和植被生存条件向灰分物质和氧的保証减少的方向的改变。发 生高产量的,对灰分营养需要量較大的植物被产量低的和需要較 小的植物的自然演替。这种河漫滩的草群的天然产量按照沼泽形

¹⁾ 系指苏联情况而言。——譯者注

关于这个問題的較詳細的报导可参閱 A. Π. 謝 尼 科 夫 (1941) 和 И. B.拉林 (1956)的著作。

成加强的程度日益降低幷且在质量方面变坏。沼泽河漫滩割草場的改良基本上借助于控制河流本身的水状况以及沼泽割草場随后的精細排水和开垦才有可能。

在地植物学研究的时候,特别在研究得很少的地区,必须确定地表水流和水体的状况以及地下水的状况。我們把河流状况(режим реки)理解为制約于自然地理因子,以及水利工程措施的,在时間上和空間上的河流情况的有規律的改变。水文状况(гидрологический режим)的性质則以水位和水流量、它的溫度的变动,冲积物的数量和組成,可溶性物质的浓度,河床的改变以及其它现象来說明。河流状况基本要素的观测方法叙述于下面《地植物学工作时的水文研究方法》一节中。

地下水

在地表和土內逕流,还有在蒸发和蒸騰上沒有用尽的部分水分,渗入母岩幷形成地下水(подземная вода)。

地下水根据成因的性质、埋藏的条件、含水岩石的性质、水力特征、质的組成、含水层的地质 年龄 以及其它特征进行分类。

根据成因的性质区分为(Саваренский, 1935) 渗流水和原生水。渗流水 (вадозная)——这是与大气水和地表水一起参加总的水分循环的水;原生水(ювенильная)——这是从岩浆中分泌出来的水。渗流水本身又分为: 1)渗透水(инфильтрационная),經过土质的細孔渗透的大气或地表水; 2)隙渗水 (инфлюационная),經过型鍵渗透的水; 3)凝結水(конденсационная)——由于水汽的凝結在岩石的細孔和空处形成的水。

根据埋藏的条件区分出表层水和深层水,或层間水(вода межпластовая)。也可能有层內水 (пластовая вода),根据含水岩 石的性质可以区分出石灰岩水、砂岩水、花崗岩水等等。根据水 力特征水可以是无压的(безнапорная)(具有自由表面)和承压的 (напорная)。根据地质形成的年龄可以区分出,例如,"后綠砂期含水层"等等。根据矿化度地下水可以是淡的,弱矿化以及盐水。根据溶质的性质区分出碱性水、碱土水、鉄水、碳酸水、盐水、氯化物水、硫酸盐水等等。按照上列全部特征将地下水进行分类是十分复杂的事情。曾經建議过許多种的地下水分类(Саваренский, 1935; Ланге, 1947, Овчинников, 1955)。

通常区分出三种基本地下水类型 (Овчинников, 1955): 1)自流水,2)潜水和3)通气层水(вода зоны аэрации)。

主要埋藏在第四紀以前地层中并且具有水压的地下水叫做自流水。在每一个自流盆地中区分出: 1)补 給 区 (область питания),2)水压区(область напора)和 3)减压区(область разгрузки)。含水地层的补給区位于地面比較高的位置。在补給区和减压区观察到地下水和地表水的直接联系。自流水的移动是从补給区到减压区。已經編制出苏联欧洲部分領土上自流水分布的概图(Семи-хатов, 1934)。自流水广泛地被应用于国民經济中,例如为了灌溉的目的。許多綠洲利用地下水灌溉,借助于钻探以获取地下水,显然,还在远古时代就已进行。在苏維埃时代利用自流水灌溉了苏联南部的許多牧場。

潜水 (грунтовая вода)——这是地表以下第一个經常含水层的自由重力水。这些水在存在傾斜的情况下沿着含水层流动,这时通常达到河、湖等等。在那种情况下,当不透水层接近土壤表面的时候,潜水以泉水形式流出。

潜水通常是无压的,也就是具有自由表面。为了开采或勘探潜水而打的水井或钻井中的水位相当于潜水上界的高度。潜水被不透水岩石覆盖的地段,它們可能具有局部的水压。

潜水的表面叫做潜水面 (зеркало грунтовых вод),而包含潜水的岩层叫含水层(водоносный горизонт)。含水层的下垫不透水的岩层是不透水层(водоупор)。从潜水位到下垫不透水层的距离說明含水层的厚度。

潜水补給的基本来源是大气降水——雨、融雪、露的渗漏。潜

水的凝結补給,也就是由于降落在变冷的岩石顆粒上的空气水汽 的凝結的补給,特別在荒漠地区,也具有很大意义。由于这个原因, 例如在以降水很少蒸发很强为特征的卡拉庫姆荒漠中,在距地表 某种深度观察到潮湿的沙层。河水和湖水的渗漏在潜水补給中具 有很大意义。

在干旱区域河水的頗大量消耗在潜水的补給上。阿姆河、錫尔河、庫拉河等可以作为例子。它們在一年內一部分自己的水消耗在 潜水的补給上,在具有潮湿和中度湿潤气候的区域河流只在地表 水位很高的时期补給潜水,在夏季和冬季的月份它們通常排出潜水,也就是說被潜水所补給。

潜水状况 (режим грунтовых вод) 基本上决定于通气带 (зона аэрации) 中的水分平衡 (Овчинников, 1955)。如果渗入水的量大于它的支出,那么潜水水位就升高,相反,如果地下逕流超过入透,那么水位就降低。

区分出潜水埋藏的两种情况:潜水流和潜水盆地。

在不透水层位置傾斜和潜水有可能沿着它流动时形成潜水流 (грунтовый поток)。如果潜水占据不透水庫盘地形的低处,则形成潜水盆地(грунтовый бассейн)。在自然界常常观察到潜水流与潜水盆地的結合。如果潜水流在路上遇到什么障碍,就形成支撑潜水流(подпертый грунтовой вод)。在潜水流壅高时它的水位接近于地表,在某些,主要是負的地形部分可能溢出泉水。在潜水被河谷,冲沟或其它負地形形式横穿的情况下观察到水的层間溢出。平稳地下降到溢出地表的地点的潜水流形成弯曲表面,叫做降落面(депрессионная поверхность)。如果水从水井汲出,那么环繞它形成漏斗状的降落面。

植被和潛水

植被在地表面的分布非常紧密地与水分的分布相联系。存在一系列的根据对水分关系的植物生态型式的分类。最广泛地流行的是E.瓦尔明(1901)的分类,这个分类把植物划分为水生植物,早

生植物和中生植物。

渗入土壤的降水和潜水乃是土壤中植物根的水分的来源。依根系的长度为轉移植物可以从这个或那个深度获得水分,或者从土壤,或者直接从潜水。И. Н. 貝德曼(Бейдеман,1948,1953) 根据植物对于水分的利用将植物分为四个类群;雨水植物、毛管水植物、潜水植物和水生植物。

雨水植物 (OMброфит) 具有深埋的潜水而分布在土壤表层的根系,吸收在下雨期間从地表渗入土壤深处的重力水和毛管悬着水。它們也能够利用凝結水分。

毛管水植物(трихогидрофит) 比起上一类群植物来具有比較深入土壤的根系,从比較不深的埋藏潜水利用毛管-提举土壤水 (капиллярно-поднимающуюся почьенную влагу)。

潜水植物(Фреатофит)¹⁾ 具有深深地钻入土壤的根系,利用潜水。

水生植物 (Γидрофит)²⁾ 或者具有分布在土壤表层,利用水分 过剩地点的地表水或高位的潜水;或者着生于水体底部,利用充滿 于水体的水。

上列植物类型在不同地带和在不一样的气候情况下将**結合不** 同的生活型。

在每一个地带适应于这种或那种水分补給类型的植物种的确定提供搞清楚植被与水分性质的联系的可能。植物与潜水的紧密联系使我們有可能接近于"通过植物"认識这些水分状况,这种植物在一定程度上是水指示体(гидроиндикатор)。还在很早以前許多研究者就曾經注意到这种植物并且在寻找潜水时利用它們。

植被与潜水的联系为許多研究者所闡明(Meinzer, 1937;根据 Приклонский, 1937 所引証的 Уайт, 1931; Приклонский, 1937, 1946;Бейдеман, 1946; Ахмедсафин, 1947, 1951 等)。最近属于航

¹⁾ 美因哲(Meinzer, 1937)的术語。

²⁾ E. 瓦尔明(1901)的术語。

空地质托拉斯的 С. В. 維克托罗夫 (Викторов) 領导下的植物学家集体进行着关于查明在地质和水文地质研究时植被的地质指示性质的工作 (Востокова, 1952, 1953, 1955, 1956; 地质研究时的地植物学法, 1955, 維克托罗夫, 1955)。

有时可能是淡潜水标志的植物或它們的群落在为了經济目的的水文地质普查工作时,特別是在干旱地区灌溉时具有很大的价值。这时必須研究植物的根系,并且确定它所钻入的深度以及与潜水接触的性质(否定的或肯定的)。与此同时必須測量潜水埋藏的深度并且进行它們的化学分析。当每一个群落以潜水深度和化学性的若干指标(根据 E. A. 沃斯托科娃不少于10)說明特征时,那么,也就查明在相应指标中,对于每一个群落的潜水埋藏深度的幅度,以及最低、最高、最适和它們的矿化度。

在查明植物根系与潜水接触性质的基础上区分直接和間接潜水植物指示体(растение—индикатор)。直接指示体——这是那些直接以根系与潜水接触的,标志潜水的深度和矿化程度的潜水植物。植物与潜水的联系在苏联半荒漠和荒漠地区研究得最完全。可以指出是潜水埋藏深度和矿化度的直接指示体的植物种,例如 Phragmites communis, Alhagi pseudalhagi, Halocnemum strobilaceum, Limonium scoparium 及其它。

潜水的間接指示体是这样的植物当它标志岩石的这种或那种岩性差别,而这种差别又以一定的水文地质学特性为特征时(BoctokoBa, 1955)。間接指示体是不直接与潜水接触,但仍然証明它們埋藏很深的那种植物,例如 Stipa capillata 以及許多其它的草原禾草。

植物群落作为指示体的意义要大的多,这里植物的結合标志 着潜水的这种或那种深度和矿化度。例如,甘草(Glycyrrhiza glabra)純植丛表明 1 升中有 2.04 克致密渣滓級数的矿化度,而 与 Bolboschoenus maritimus 和 Alhagi pseudalhagi 相結合—— 已經是 1 升 31.6 克。許多其它群落也有同样情况。

在每一个个別情况中不同的植物組合說明潜水矿化度的差

別。然而可以确切地相信一些植物是潜水强烈矿化的标志 (Halocnemum strobilaceum, Halostachys caspica 以及許多其它植物),另一些是弱矿化的标志 (Phragmites communis, Agropyrum repens, Lasiagrostis splendens 等)。

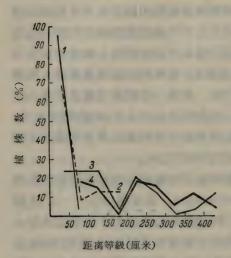


图 6 按距离等級的 Alhagi pseudalhagi 的 分布,土庫曼南部,(据 Востокова, 1955)

1—Унбельмек 泉区域 (淡潜水), 2—Даната 泉区域 (淡潜水), 3—Кыз-Кара 井区域 (盐潜水), 4—ЯК-Яйла井区域(盐潜水)。

淡水和盐水指示体結合 在一个群落中表明在群落中 存在植物的演替,这种演替 将来可能导致联系水文状况 向潜水淡化或盐化方向改变 的整个群落組成的改变。

在每一个具体情况中这 个問題需要特別地解决。

在最近 E. A. 沃斯托科 娃 (1955) 等确定, 群落中植 物各个个体之間的距离是可 以改变的, 并且这是特殊水 文地质特征的标志 (Дохман 等的測量法, 1954; Hopkins, Skellam, 1954)。E. A. 沃斯 托科娃 (1955) 引証了在不同 潜水矿化度情况下 Alhagi

pseudalhagi 的分布图(图 6),从这个图中可以清楚看出,随着矿化度的增加发生这一个种的稀疏化。这一研究方法对于研究植被与生境的这一或那一因子的联系,特别是与潜水的联系是非常有前途的。

植物不仅可作为潜水的这种或那种深度以及它的矿化度的指示体,而且也积极地影响潜水和地表水的状况。

上面已經提及,植被对潜水,对土壤湿度,对地表逕流的减少或增加,对地下逕流等各方面的影响也在水分的蒸騰消耗中显示 出来。整个地球的植被消耗和向大气中蒸騰大量的水分。暫时我 們还不能想象整个这个过程的規模,因而不能以应有的程度估价它。

确定蒸騰的方法在 В. М. 斯維什尼柯娃(Свешникова)的著作¹⁾中有說明。这里我們只簡短地談一下某些数字,以便表示出不同植被类型的蒸騰和总蒸发量,并且估計蒸騰对地方水文状况的影响(表1—3)。

从表 1—3 的資料中可以清楚看出,仅管学者們采用的方法不同,一系列学者所引用的数字次序大致是相似的。

对所引用数字的分析提供将植物种按蒸騰量的增加而排列的可能(表1)。美国的松树 Pinus panderosa 和南美的山龙眼 Protea caffra)在蒸騰上消耗的水分非常少。橡树、松树和冷杉可以列入中等蒸腾树。山毛櫸、梣、落叶松、樺、叶榆、柳消耗水分較多。高加索的杂种楊、美国的紅云杉、南非种植园中的伟松还要蒸騰更多的水分。最后,南非种植园中的金合欢和桉树最大量地蒸騰。

对于同一个树种不同的学者引用不同的、虽然也是接近的蒸 騰量。然而在目前还沒有可能确定蒸騰上水分丧失差别的原因。 可能,它在于气候条件;也可能,这些或那些学者的資料不完全准 确。

比較不同类型森林的蒸騰(表 2)也表明蒸騰量的波动,最低出現于美国的山毛櫸-槭树林,最高出現于热带林。根据諾夫戈罗德試驗站和 K. E. 伊万諾夫(Иванов, 1953)的材料,沼泽以頗大的总蒸发为特征(达 429 毫米)。

至于草本植被,那么这里关于蒸腾的資料非常少(表 3)。我們在上面引用过諾加依草原的荒漠植被的蒸騰量。在U. H. 貝德曼(1954—1956)的著作中可以获得詳細的数字材料。这里(表 3)为了与文献中已有的資料相比較,列举了荒漠和半荒漠群落以及草甸的总蒸发量。此外給出林冠下地衣、蘚类、草本和灌木层片的

¹⁾ 参看本卷 398 頁。

表 1 在生长期間乔木树种的蒸騰

植 物 种	蒸 騰 (毫米)	学者和地理地点
1 .	. 2	
Pinus panderosa	45.8	Horton (1923); 亚利桑那。
山龙眼 (Protea Caffra)	57.5	Henrici (1946 a-c); 南非联邦。
无梗櫟 (Quercus petraea)	122	1
欧洲赤松 (Pinus silvestris)	160	(基德列希 (1951), 欧洲。
林山毛榉 (Fagus silvatica)	274	J
桑树 (Morus alba)	300	貝德曼;外高加索(庫拉-阿拉克申 低地)。
欧洲云杉 (Picea excelsa)	320	基德列希 (1951); 欧洲。
叶榆 (Ulmus foliacea)	350	
南柳 (Salix australior)	350	【貝德曼;外高加索(庫拉-阿拉克申 低地)。
灰毛楊 (Populus canescens)	400-500) 2200
欧洲落叶松 (Larix europaea)	682	基德列希 (1951); 欧洲。
紅云杉(Picea rubens)	686	Horton (1923); 新英格兰。
伟松 (Pinus insignis)	884-1109	7
种植园的桉树 (Eucalyptus Stuartiana)		
幼年的	1186	Henrici (1946 a-c), 南非联邦。
老年的	1200	
柔軟金合欢(Acacia mollissima)	2500	

数字指标(Молчанов, 1952)。从所引用的資料中可明显看出,草甸植被消耗在总蒸发的水分几乎比荒漠植被大两倍。在林冠下,显然由于遮蔭的結果,組成草本-灌木和地被层片的植物以及土壤蒸发很少的水分。

目前可以确定地說,在潜水埋藏很深的地方植被蒸騰的水分不超过以降水形式在生长期間降落的数量。在潜水位于植物根系发育范围之內幷且能够被它們利用的地方,植被消耗在蒸騰上的水分大大地超过以降水形式降落的。例如,在北高加索在250毫米降水和潜水埋藏在9米深处的情况下,其根系达到1.5米深度的由Stipa capillata+Agropyrum sibiricum+Festuca sulcata 組成的

森林群落	蒸 騰 (毫米)	学者和地理地点
山毛榉-槭树林 (Fageto-Acere-ta)	102—127	基德列德希(1951);美国(紐約州)。
具金合欢的朴树林 (Acacieto- Celteta)*	139.7	Henrici (1946 a-c);南非联邦。
泥炭蘚松林(Pineta sphagnosa)	169	莫尔恰諾夫(1952), 符拉吉米尔州, 杜布拉和基尔亚奇河之間, 普罗庫 井松林。
云杉-山楊林 (Piceeto-Tremule- ta), 疏密度 0.8	170—283	华西里耶夫(1949); 莫洛戈-謝克斯宁低地。
金发蘚松林 (Pineta polytricho- sa)	210	莫尔恰諾夫(1952), 符拉吉米尔州, 杜布拉和基尔亚奇河之間, 普罗庫 井松林。
云杉-落叶松林 (Piceeto-Laric-eta)	200—215	华西里耶夫(1949);莫洛戈-謝克斯宁低地。
蘚类松林 (Pineta hylocomiosa)	228	莫尔恰諾夫(1952), 符拉吉米尔州, 杜布拉和基尔亚奇河之間,普罗庫
牙疙疸松林 (Pineta vacciniosa)	245	J 井松林。
云杉-寬叶林(Piceeto-Tremuleto- Betuleta)	250	莫尔 恰諾 夫 (1952),根据 B. II. 魯 特科夫斯基**,列宁格勒州。
越桔松林 (Pineta myrtillosa)	267	莫尔恰諾夫(1952), 符拉吉米尔州, 杜布拉和基尔亚奇河之間, 普罗庫 井松林。
沒有地被的松林 (Pineta pura), 32年	200—300	阿赫罗美依科 (1950), 奥連堡尔州, 沿布祖卢克河, 布祖卢克松林。
郁閉的鵝耳櫪林 (Carpineta)	354	拉茨 (1938)。
松林 (Pineta), 33年	449-467	The state of the s
具地被的橡树-梣树林(Querceto- Fraxineta)	547602	} 法尔科夫斯基(1939),烏克兰。
具草本的热带常綠林	15001800	法塞尔(1955)。
热带林	3100	基德列希 (1951); 爪哇島。

- * Celtis Kraussiana + Ziziphus mucronata + Acacia Karroo 群丛。
- ** 很遺憾, A. A. 莫尔恰諾夫 (1952: 408) 沒有提供 B. H. 魯特科夫斯基著作的确切引文。

群落蒸发 91.2 毫米。在潜水水位不深于 1 米的情况下,其根系达 到潜水的由 Juncus Gerardii + Bolboschoenus maritimus 組成的 群落蒸发 642.8 毫米。

因此,植被和潜水的相互影响在很大程度上依賴于后者的埋藏深度。B. A. 普里克隆斯基(1946)认为,在其时观察到水分丧

群落或层片	心烝友(毫米)	学者和地理地点		
开曠地点的草本和半灌木植被				
Artemisia taurica + Kochia prost- rata + Salsola laricina	62			
Artemisia taurica + Salsola den- droides	131			
Stipa capillata + Festuca sulcata	160			
Salsola dendroides + Petrosimonia brachiata	164	W. H. 貝德曼, 諾加依草原, 北高 加索。		
Phragmites communis + Calama- grostis epigeios	183			
Agropyrum cristatum + Artemisia taurica	205			
Carex melanostachya + Alopecurus ventricosus	293			
杂类草草甸	432—468	· 莫尔恰諾夫(1952)*,符拉吉米尔州, 杜布拉和基尔亚奇河之間,普罗庫 井松林。		
禾本科草	462	拉塞尔 (1955)*, 英国 (拉坦斯特 德)。		
林冠下的地友,蘼类,草本和小灌木层片				
地衣盖被	79-80)		
由眞光蘚組成的蓋被	80			
由欧洲越桔組成的盖被	116	莫尔恰諾夫 (1952), 符拉吉米尔州,		
由牙疙疸組成的盖被	129	〉 杜布拉和基尔亚奇河之間,普罗庫		
由酢浆草組成的盖被	151	井松林。		
由金发蘚組成的蘚被	190	-		
由泥炭蘚組成的蘚被	128)		

^{*} A. A. 莫尔恰諾夫和 3. 拉塞尔沒有引用植物的拉丁名称。

失于蒸发的潜水埋藏临界深度(критическая глубина залегания грунтовых вод)应該是 1—5 米。按照这位学者的意見,陆地表面的蒸发由三个要素組成: 1)从毛管飽和带以上的土壤上层的水分蒸发,2)从潜水面,准确一点說——从毛管带表面的蒸发,3)植被的蒸腾。

第一种形式的蒸发不影响潜水, 因为蒸发的是不下降到潜水

的水。第二种形式在潜水埋藏不深的情况下对于潜水有重大的影响。在潜水埋藏深度超过1.5—2米的情况下土壤的直接蒸发不可

能表現出对它們深度改变的 影响。蒸騰活动影响到潜水 状况,同时依根系是否达到 潜水位,有时影响达到 15— 20 米的深度。

回到我們在上面引用的 那种植物分类,可以指出,根 系在毛管边緣带 (капиллярная кайма) 以上获取水分 的雨水植物对潜水位的变动 不可能表現出影响。从毛管 带获取水分的毛管水植物, 以及特別是根系下降到潜水 的潜水植物影响潜水位的昼 夜和季节变动。

在艾斯卡兰特河谷 (美国, 犹他州) B. 华埃特 (轉引自普里克隆斯基, 1937) 會經在 3 年期間进行潜水变动的观察。他在潜水植被下記載了潜水的昼夜变动(图7)。水位从早晨 9—11 时开始降落并且在晚上 6—7 时达到最低的位置。然后它开始升高并且到早晨 7—9 时达到最高点。在沒有植被的邻近地段沒有观察到变动。每日的变动从春季叶簇出现开

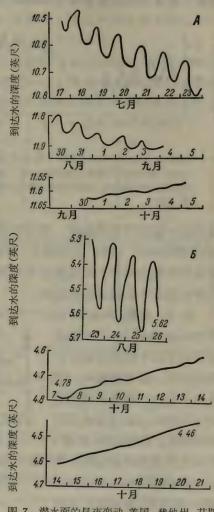


图 7 潜水面的昼夜变动,美国, 犹他州, 艾斯 卡兰特河谷 (据华埃特, 轉引自普里克 隆斯基, 1937) A——具 Sarcobatus vermiculatus 的 地 段上, B——柳林 中。

始,在秋季落叶时停止。图 8 說明苜蓿田上的昼夜变动以及苜蓿 收割之后潜水位的升高,而图 9 是蒸騰影响之下的林带下和草原 地段下潜水位的昼夜变动 (Знаменский, 1938)。

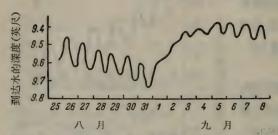


图 8 26 至 3 8 区1926 的苜蓿草群下到 苜蓿 收割 (31 至 1926) 和收割以后潜水位的昼夜变动。 美国, 犹他州, 艾斯卡兰特河谷 (据华埃特, 轉引自普里克隆斯基 1937)

从 П. В. 奥 托茨基 (Отоцкий, 1899) 开始,关于森 林对潜水位深度的 影响的問題被爭論 着。大家知道,П. В. 奥托茨基 的 关 于在森林下比在田 野中潜水較低的見 解,并沒有为同一

地点进一步的研究所証实。然而不同学者 (Берг, 1938; Басов, 1949;Шелаев, 1950, 及其他人) 所确定的分歧导致这样的思想, 森林在性质方面和在周围环境条件方面是极其不同的。因此不能在所有情况中获得同样的指标。

B. И. 魯特科夫斯基 (Рутковский, 1958) 會經进 行过关于这个問題的极有价 值的研究。他會經指出,在 森林下和在开曠地点的潜水 位与气候的周期性波动紧密 地相联系。在潮湿的年份, 特別是在多年潮湿期間,当 在开曠地点发生大的地表逕 流时(融雪时,暴雨时),森林 下潜水却大量地积累。相 反,在干旱的期間,在开曠地 点,被草本植被消耗的水分

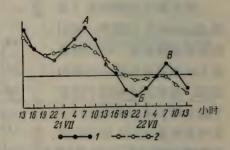


图 9 具有胡顏子林綠的含桑树的由美国槭組成的林带下水井中(1)以及次生草原(Festuca sulcata, Thymus borysthenicus, Euphorbia Seguieriana)地段上水井中(2)潜水位的昼夜变动。赫尔松州的下德涅伯沙地(据 Знаменский, 1938)。 А——Б——由于吸收的結果而下降,Б—В——由于蒸腾停止而升高。

显著地减少,而森林从很厚的土壤-土质层蒸騰水分,因为这个 緣 故使得与开曠地段比較起来潜水位有强烈的降低。

現在可以认为已經确定, 潜水位变化的季候节律在很大程度 上与植物的蒸騰活动相联系。在春季上升之后的夏季下降是由于 树木的吸收, 而秋季的上升是由于蒸騰的停止。

A. A. 莫尔恰諾夫(1952)根据在不同林型的松林中进行的观察得出下列結論:潜水越接近地表,它們降低也越多,植被也越强烈地表現出对它們的影响。在同样的条件中云杉林降低潜水位要比松林多(图10)。

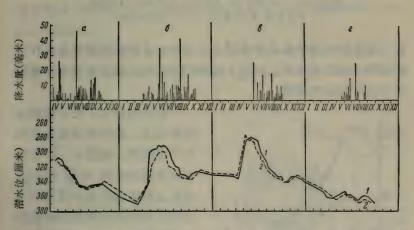


图 10 在65年的具有稠密云杉层的松林中(1)和蘚类純松 林中(2)潜水位的变化(据 Молчанова,1952) 观测年份: а——第一年; 6——第二年; в——第三年; г——第四年。

正如已經指出过的,沒有疑問草本植被(特別是潜水植被)不 論在潜水位的昼夜变动,或是季节变动中都起很大作用。И. Н. 貝 德曼在庫拉-阿拉克申低地曾經覌察过 1931 年生长季期間潜水位 的变化以及植被 (Salsola dendroides + Artemisia Meyeriana) 和 土壤的总蒸发的平行变化(图11和12)。

春季潜水位于 120 厘米的深度,这时毛管水达到植物的根。然后,从五月开始,观察到由于强烈水分总支出的結果,潜水位的降

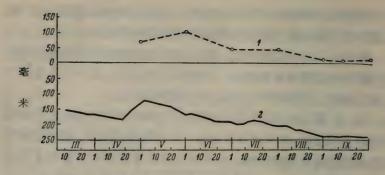


图 11 1931年生长期間由 Salsola dendroides + Artemisia Meyeriana 組成的群落中总蒸发(1)和潜水位(2)的变化。 外高加索,穆干(原图。И. Н. Бейдеман)

低。随着潜水的下落蒸騰也减小,因为水分已經离开根系起作用的范围。到秋季潜水已經位于300厘米的深处,而总蒸发的增高归功于这时的秋季降雨。

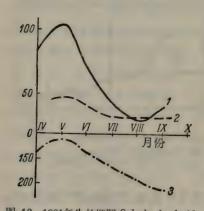


图 12 1931年生长期間 Salsola dendroides + Artemisia Meyeriana, Artemisia Meyeriana + Suaeda microphilla 等 群落复盖的地段的总蒸 发 (1) 的变 化,土壤中水分貯廠的变化 (2) 以及 潜水位的变化 (3)。外高加索。穆 甘。(原图, И. Н. 貝德曼)

植被对潜水矿化的影响也同样很大,这特別强烈地表現在干旱地区。根据 B. A. 普里克隆斯基的資料,庫拉-阿拉克申低地潜水的矿化在夏季由于通过土壤的直接蒸发和植被的蒸騰水分向大气垂直輸出而增加。"后一过程(指植被的蒸騰——譯者)乃是形成特有的水的高矿化变体的干旱带无流洼地潜水平衡的基本支出部分"(Приклонский,1946)。

И.Н. 貝德曼和 A.С. 普列 奧布拉仁斯基 (Преображенский, 1957) 写道, 植物在生

长季节只把充分溶解在被植物蒸腾的矿化水(被植物从潜水中吸

取的)中的盐量的微不足道的一部分运出到地表。例如,曾經确定木猪毛菜 (Salsola dendroides) 消耗在蒸騰上的水分在一个生长季节是 2,700 米³/公頃,这时潜水含氯 19 克/升,也就是說充分被吸收然后被蒸騰的水含有 51.3 吨的氯。同时 如果 假定木猪毛菜干物质中氯的含量等于 2.7% (Голуш, 1954) 并且干物质的量是 2—4 吨/公頃,那么运到地表的 氯的数量共 54—108 公斤/公頃;因而,实际上,含于被植物蒸騰的潜水中的全部盐类留在水中和土质层中。所以,土壤溶液和潜水仿佛是被植物出汗,以致在长久的过程中引起无流洼地中厚层盐和高度矿化水的积聚。И. Н. 貝德曼把这个过程叫做"生物学的积盐过程"(биологическое соленакопление)。

植被的演替常常制約于潜水的矿化和埋藏深度的变化,但是植被本身也改变潜水的特性 (Бейдеман, 1954 а; Бейдеман и



图 13 1946年 6 月旧基洛夫海灣(里海)以前海底的植被, 潜水埋藏深度和矿化度以及蒸騰上的水分消耗的分布的剖 面图式。(据И. Н. Бейдеман, 19576)

A—蒸騰上的水分消耗(占最大量的%); B—潜水深度(占最大深度的%);B—紧密残渣的数量(占其在潜水中最大含量的%)。a—6—割面进程。1—Bromus japonicus, 2—Polypogon monspeliensis; 3—Crypsis aculeata; 4—Salicornia europaea; 5—Suaeda confusa; 6—Salsola soda; 7—Atriplex tatarica; 8—Petrosimonia brachiata; 9—Aster tripolium; 10—Polygonum argyrocoleum; 11—Puccinellia gigantea; 12—Phragmires communis; 13—Bolboschoenus marttimus; 14—Tamarix ramosissima。

Преображенский, 1957).

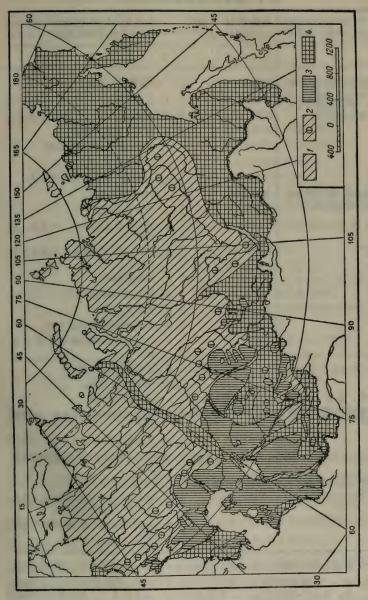
在图 13 上清楚地看到,蒸騰越高,潜水埋藏就越深,它們的矿化也越弱。蒸騰越少,潜水就越接近地表,它們的矿化也越高。在沒有进行过潜水研究的苏联任何地带进行这种研究时,完全有必要考虑植被的水分消耗数量。

潛水的地带性

地质学意义上的潜水乃是現代形成物。它們与地理的,特別 是气候的条件紧密地相联系,并且在分布方面,象土壤和植被一 样,从属于地带性規律。

第一个把地带性原則应用于潜水的是П. В. 奥托茨基(1914)。从这个原則出发,В. С. 伊里因 (Ильин, 1930)第一次为苏联欧洲部分編制了潜水分布图。他的略图是根据在气候因子背景上的地貌特征和侵蚀网下切的深度。О. К. 郎格(Ланге, 1947)在評价整个苏联領土的水文条件的时候給 В. С. 伊里因的略图提出若干修正和补充。他划分三个显著独特的地带性潜水省(провинции зональных грунтовых вод)。О. К. 郎格的略图除了根据气候和地貌因子以外,并根据地下逕流和蒸发的水文平衡基本要素的对比关系。

- Ф. П.薩瓦連斯基(Саваренский, 1935) 會經把潜水的地带性 与植被的,土被的和风化方向的地带性联系起来。
- Г. Н. 卡緬斯基 (Каменский, 1949) 在 Ф. П. 薩瓦連斯基 (1935)所提出的那些原則的基础上,指出潜水的两个类型:淋溶潜水和陆地盐化潜水。这两个类型相应地形成两个地带: 1)淋溶潜水地带和2)陆地盐化潜水地带(图14)。
- 前一个带占据苏联欧洲領土大部分平原和西伯利亚的广闊空間,包括永冻土地区。后一个地带包括苏联欧洲領土的东南区域以及西部西伯利亚低地南部的干草原地区和中亚荒漠。淋溶潜水也分布于山区。Г. Н.卡緬斯基(Каменский, 1949)称它們为隐域的 (интразональные)。他还区分出具有大陆盐化水隐域地段的



苏联潜水地带性的概略图(据Каменский, 1949) 一具有陆地盐化水的隐域地段的淋溶潜水;3一 图 14 1---淋溶潜水, 2-

根据 Г. А. 馬克西莫維 奇的水化学相的地带性	根据 Г. Н. 卡緬斯 基的潜水地带性	根据 A. H. 魯基捷娃的图的 植被地带性类型
1	2	3
二氧化矽和水-碳酸盐- 二氧化矽 可 能 占 优 势,有机物质丰富的 冻原水相地带。	淋溶地带。	北极荒漠和冻原 1. 北极荒漠。 2. 北极冻原。 3. 蘚类, 地衣冻原。 4. 苔草-羊胡子草草丘冻原。
水-碳酸盐-鈣占优势的 森林带相地带。	淋溶地带。	5. 小灌木冻原。 6. 局部的山地冻原和偃松植丛。 森林冻原和森林。 1. 前冻原的疏林*。 2. 腊針叶林(北秦加,中秦加,南秦加)。
		3. 落叶松林(北秦加,中秦加,南秦加)。 4. 松树秦加林。 5. 落叶松-松树秦加林。 6. 泥炭蘚沼泽。 7. 西部西伯利亚的楊-權林。 8. 滨太平洋的樺树疏林 和草 本植被。 9. 欧洲闊叶-脂針叶林。 10. 欧洲闊叶-松林。
硫酸盐,鈉和水-碳酸盐-鈉占优势的草原相地带。	具有肺地盐化水隐 域地段的淋溶地 带。	森林草原和草原 1. 草甸草原和草原化草甸(森林草原)**。 2. 典型草丛禾草草原。 3. 草丛禾草和艾菊的东西伯利亚草原。
氯化物占优势的荒漠相 地带。	陆地盐化地带。	半荒漠和荒漠 1. 荒漠化 的 半小灌木-草丛禾草复合草原(北部半荒漠)。 2. 禾草-蒿类复合荒漠(南部半荒漠)。

- * 在該亚带中的被冻原群落所占据的显域地境按照潜水 状况应該列入冻原带。
- ** 在 Γ. A. 馬克西莫維奇略图上表示出的雅庫特共和国維留依河流域中的硫酸 盐、鈉和水-碳酸盐-鈉占优势的草原相潜水地带在 A. H. 鲁基捷娃的植被图上沒有反映,然而在比例尺較大的图上在这个区域片断地表示出森林草原。

根据 Γ . A. 馬克西莫維 奇的水化学相的地带性	根据 Г. Н. 卡緬斯 基的潜水地带性	根据 A. H. 魯基捷娃的图的 植被地带性类型
1	2	3
山地垂直地带。	山区淋溶地带。	3. 短生植物-蒿类和猪毛菜荒漠。 4. 亚热带草原(半稀树草原)。 山地植被 1. 山地冻原和偃松植丛。 2. 山地秦加醋針叶林。 3. 山地落叶松疏林。 4. 山地落叶松林。
No. of Concession, Name of Street, or other Designation, or other		5. 山地外貝加尔松林。6. 山地远东針-闊叶林。7. 中緯度和亚热带的山 地 曆 針 叶林。8. 山地閬叶林。
Section 1		9. 山地灌丛和胡桃林。 10. 高山阿尔卑斯型和亚阿尔卑斯型草甸和高山稀疏植被。 11. 山原旱生植物和杂色植被*。 12. 山地草原*。
		13. 高山优若藜和蒿类荒漠*。

^{*} 在山原早生植物,山地草原垂直带以及特別在高山荒漠 垂直 带观察到 大陆积聚現象 (явление континентального накопления)。

淋溶水地带,这种地带位于淋溶地带和大陆盐 化 地带 之間 的 边境。

如果对比引用于 Г. Н. 卡緬斯基(1949)著作中的苏联潜水地 带性分布略图和 Г. А. 馬克西莫維奇 (Максимович, 1955)的苏联領土潜水和湖水的水化学相地带概略图, 并且同时利用植被图 (Лукичева, 1957), 那么可以編制出表,在这个表中可明显看出植被,潜水和水化学相的分布之間的接近的符合(表 4)。

从表 4 可以看出,在 Γ. A. 馬克西莫維奇和 Γ. H. 卡緬斯基的 著作中指出的潜水地带符合于一定的植被类型幷且差不多彼此重 合。这些对比是在植被和潜水类型的广泛綜合的情况下作出的。 在这个領域內的进一步的工作显示出植物群落和潜水的质的組成以及它們的埋藏深度之間的这种相互制約的联系的复杂細节。

通气带的水

通气带的水位于接近地表处。对于这种水不透水庫盘是水分 微弱透过的岩石,它們具有不是連續的,而只是透鏡状的分布。上 层滞水和土壤水可以列入这类。

上层滞水(верховодка) 埋藏于距地表不深和具有有限分布的地下水属于上层滞水。这些水在局部不透水层上积聚起来,土壤淀积层——这些或那些化合物的机械的或化学的淀积和沉积层有时成为这种局部不透水层。在平坦的地方水停滞起来,常常甚至溢出地表,特別在低地和微碟形地。

这种类型水的水量完全依賴于大气降水。它們在一年中經受显著的变动,通常在干旱期間消失。上层滯水一部分补給潜水,而自己的基本部分消耗于蒸发。属于上层滯水的还有在春季融雪和大雨期間出現的沼泽水。这种形式的上层滯水以特殊的埋藏条件和状况为特征,并且属于沼泽水的范畴。在北方的过度潮湿的区域的上层滯水通常是淡的或弱矿化的。在观察到大量蒸发的南方,上层滯水是高度矿化的氯化鈉水,在无流的洼地由这种水发生盐类的沉淀,引起盐土的形成。在荒漠和半荒漠的炎热气候条件中上层滯水的貯藏强烈地受限制,它的水是强烈地矿化的,含盐的。只有在冬季和春季潮湿时期在不大的洼地和古河床中形成具有淡水的上层滯水和潜水。在存在傾斜不透水层(淀积层)的情况下土壤上层滯水开始流动,形成土壤逕流;后者也可以发生在所有的土壤层中。土壤逕流在森林地带土壤中是在春季,有时在秋季和夏季被观察到。流动水的总量不大(Pone, 1955a)。所有沒有用尽的水分从土壤流入土质,一直到不透水层,并且在那里形成潜水。

土壤水 土壤中水分貯藏在自然条件下由于大气降水,空气和底土层的水汽的凝結以及最后,由于潜水的毛管上升而得到补充。

进入土壤的最重要的水分来源是大气降水。土壤中水分最大 貯藏是在早春形成。这些貯藏乃是夏季期間許多干旱地区水分不 足的补充来源。

A. A. 罗德(Роде, 1952, 1955а, 1955б)在土壤中区分出土壤水的不同形式和状态。首先他把所有的水分分为束縛水和自由水¹)。

他把束縛水再分为包括大部分吸湿水的坚固束縛水和疏松束 縛水。

通常把吸湿水(гигроскопическая влага) 理解为风干土壤的水分,而在水汽飽和的空气中母质所保持的水分数量叫做最大吸湿量(максимальная гигроскопичность)。这种水被分子吸力保持在土壤顆粒的表面。保持水粒的力量作用于很小距离并且非常之大;它們引起水的很大压縮。吸着水的密度达到1.7,相当于几十倍大气的压力(Роде, 1955)。由于这个原因吸湿水是不活动的,它只有在过渡为水汽状态以后才可能移动。 А. Ф. 列別杰夫(1936)认为,在最大吸湿量的情况下土壤顆粒为一层分子所形成的水膜所包围。

疏松東縛水或薄膜水 (рыхлосвязанная, или пленочная влага)出現于土壤中,如果土壤与水进行接触的話;在这种情况下一部分水变成为吸收状态。与吸湿水比較起来,这种水已經是被具有較小力量的土壤顆粒所保持。重力也不参加到它的运动;薄膜水的移动是从膜較厚的那些土壤顆粒到膜較薄的那些顆粒。所有由分子吸力保持在土壤中并且符合于土壤的最大浸潤性 (смачиваемость)的水分数量 А. Ф. 列別杰夫(Лебедев, 1936)称为土壤的最大分子湿度 (максимальная молекулярная влажность почвы)。它的大小依賴于組成土壤的顆粒的大小。

自由水(свободная влага)在土壤中呈現出不同的形式: 1)薄膜-患着水(пленочно-подвешенная), 2)毛管悬着水(капилляр-

¹⁾ 所有以后的說明都是根据 A. A. 罗德(1952, 1955a, 19556)編写而成。

но-подвешенная), 3)对接水 (стыковая), 4)团聚体內悬 着 水 (подвешенная внутриагрегатная), 5)毛管-支持水 (капилля-рно-подпертая), 6)重力水 (гравитационная), 重力水再分为渗滤水 (просачивающая)和潜水 (грунтовая)。

薄膜悬着水在或多或少重机械組成(粘土和壤土)的土壤中发生。如果水进入其湿度等于最大吸湿量的土壤,那么它被吸入土壤同时在土壤上层积聚为薄膜-悬着水,但是不是全部土壤孔隙都被水所充满。当它們还只有一部分被充满时,继續增加的水分就开始流走幷且湿潤下垫的土壤层。該土壤能够保持的薄膜-悬着水



图 15 薄膜-悬着 水的保持, 具有薄膜栓的念珠状毛 細管 (据罗德, 1955 a)

的最大数量叫做 土壤 的 最小持水量 (наименьшая влагоемкость почвы), 或它的田間持水量(полевая влагоемкость)。薄膜-悬着水处于土壤的毛細管中,同时被在狭窄的毛管孔隙中形成的由束縛水組成的"栓"(пробки)的吸着力所保持(图15)。

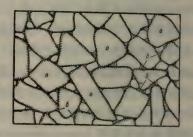


图 16 在土壤顆粒接触点上的对接水的积聚 a——土壤顆粒,6——对接水。

毛管-悬着水形成于砂质的干燥土壤中或者为比較 輕 的土质 所下垫的重土质中。当水进入这样的土壤时它开始被吸收幷且占 据所有的細孔。 浸湿会逐漸扩大,直到毛細管中水柱的靜压超过 上弯月面和下弯月面之間表面压力之差的大小的那个界限。在这 以后水开始往下流。 水的下流不是均匀地发生,而是以舌状形式 发生。 所有的水归根結底流入下层砂中,而 在上层 只留下对接 水。

A. A. 罗德把在这样的土壤中不能保持的那种水分流走以后被毛管力保持在粗机械組成土质中的那种水叫做对接水。对接水形成于环繞土壤顆粒的对接点,但是弯月面在这种情况下具有两面凹的透鏡形式(图 16)。

团聚体內-悬着水。 这 种水分形式广泛地分布于粘土和壤土 机械組成的土壤中。水分位于土壤团聚体(土壤小团块)內的最小管道中,并且十分坚固地保持在它們之中。

毛管-支持水——这是来自潜水的被毛細管举起的那种水。 毛管的一端与潜水接触。随着远离潜水面,各个細孔,不管是最大的还是最小的,并不被水所充满。因此,离潜水越远湿度越低。这种水分分布的全部土质层叫做毛管边緣带(капиллярная кайма),它直接与潜水相联系。能够以毛管-支持状态被土壤保持的那种水分数量叫做土壤的毛管持水量(капиллярная влагоем-кость почвы)。这种水分对供給毛管水植物,将根系下降到这层,并且从这里吸取水分的植物具有巨大的意义。毛管水上升到表面的高度依賴于土壤的提水能力。毛管上升的速度依賴土壤顆粒的大小。土壤顆粒越小(也就是机械組成越重),毛管上升达到的高度也越大,但是它实現越慢。

重力水——超过最小持水量出現于土壤中幷且在重力影响下向下流动的全部自由水。它渗透过土质幷积聚在不透水层上,形成上层滞水和潜水。后者充滿碎屑岩的所有空处或处于致密大块結晶岩的裂縫和空处中。A.Ф. 列 別杰夫(1936)认为所有在重力影响下在岩石中移动的水都是重力水, 幷将它划分为毛管-悬着水和向下流动的重力水。

土壤让水通过本身(渗滤)的能力叫做透水性(водопрони-

цаемость)。水的渗滤沿各个团聚体之間的細孔和空隙进行。土壤越湿,它的透水性越小。因此开始时干燥土壤吸收很多水分,然后,随着它变为湿潤,进入的水分数量逐漸减少。森林下土壤的透水性超过其它用地下的土壤的。

"森林残落物层的透水性——A. A. 罗德 (1955 a)写道——非常巨大, 并且以每分钟数百毫米測量。可是除了残落物层本身具有大的透水性以外,它还促使下垫矿质层保持高的透水性"。

在土壤的全部空隙,不管毛管的或非毛管的都完全飽和的情况下土壤本身能够容納的水量叫做最大持水量(полная влагоем-кость почвы)。土壤中水分数量是植物水分状况的非常重要的条件。可是不是土壤具有的全部水分都被植物所吸收,而只是它的一部分。

大家知道,水分进入植物是借助于两个《发动机》:下面的——根和上面的——叶的工作而实現。下面的发动机——根——与由土壤溶液的渗透压和土壤固体部分的吸着力組成的土壤的保水力有关系,渗透压依賴于土壤溶液的浓度,而吸着力依賴于土壤的机械組成和它的湿度。几. C. 李特維諾夫 (Литвинов,1937) 會經測量过根的吸收力,发現它等于 1 — 2 大气压。 Г. 勒麦 (Lemée,1953) 會經在撒哈拉荒漠观察过許多植物根系的吸收力,发現它們的吸收力变动于 4.5 到 12.5 大气压之間。 Andropogon laniger的个别个体在干燥基质中的吸收力等于 8—20 大气压。按照这位学者的意見,这个最后的数值与土壤的保水力差别很小,这种土壤的保水力在凋萎系数的情况下等于 16—18 大气压。在强烈蒸腾时植物的吸收力可以达到 5 —1 0大气压。

关于不同植物种消耗不一样的水分数量的思想很早以前就产生了。例如,C. 波格丹諾夫(Богданов)在 1889 年曾經确定,植物必需的最小水分数量等于土壤最大吸湿量的两倍, 并且对于他所研究的所有植物种种子的发芽是相同的。

А. А. 伊茲馬依尔斯基(Измаильский, 1892)曾經指出, 种子 发芽的最小土壤湿度等于 11—12%。Л. 布里格斯和 Г. 山茨(Вгі-

ggs a. Shantz,1912)引入了萎蔫系数(коэффицент завядания)的概念。按照他們的定义,"当生长于該土壤中的植物的叶子由于水分进入不足的結果第一次表現出湿度稳定降低特征的那一瞬間的土壤湿度(以土壤干重的百分数表示)叫做土壤的萎蔫系数。稳定降低被理解为不給土壤增加水分叶子在几乎水分飽和的大气中不能恢复原状的那种状态"。学者們的基本結論是,萎蔫系数的值不依植物种为轉移,不同植物在同一土壤湿度情况下萎蔫。这个值与空气—吸湿湿度(воздушно-гигроскопическая влажность)相符合。按照他們的意見,高于这个值的水分对于植物是有效的。

植物的有效湿度 (доступная влажность) 根据两个值确定: 1)相当于萎蔫开始并且符合于萎蔫系数的植物临界土壤湿度 (критическая для растений почвенная влажность)的值,和 2)固定水分貯藏量(мертвый запас влаги)的值,也就是植物不能从土壤中获得水并且因而死亡的土壤中水分数量。后一数值大致等于土壤最大吸湿量的值。萎蔫系数的值,或萎蔫湿度(Роде,1955а)等于最大吸湿量的1.3—1.5。在农业气象机关采用系数1.34。H. A. 卡欽斯基 (Качинский,轉引自 Роде, 1955а)认为比較正确的数值是1.5。在砂土萎蔫湿度的值等于0.5—1%,在壤土是3—10%,而在粘土是10—15%,甚至更大。

因此,在 萎蔫湿度和固定水分貯藏量之間存在某种土壤湿度 的間隔幷且对于植物是致命的。

萎蔫系数随植物的年龄而改变并且依植物种和依土壤溶液的渗透压为轉移(Федоровский,1948)。例如,在黑土上萎蔫湿度对于亚麻是 18.0%,对于黄瓜是 17.8%,对于盐 角草 (Salicornia europaea)是 16.4%,对于小麦是 15.5%,对于俄猪毛菜 (Salsola ruthenica)是 13.8%。

超过作为萎蔫湿度特征的那种数量的保持在土壤中的水分对于植物也不是一样有效。曾經証实,存在着这样的湿度,在这种湿度或低于这种湿度情况下可以看到植物的水分供应变坏,它們的

生长减慢。这个值等于最小持水量的 65—70%。 А. А. (Роде, 1955а)把它叫做生长减慢湿度(влажность замедления роста), 它大致等于最小持水量的 70%。 在 这 个范围以下植物很难吸收水分的原因在于土壤中水分移动性的程度。植物吸收水分的根毛具有 0.01 mm 的直径。这些根毛吸收与它們相接触的那种水分。在砂质土中, 那里細孔远大于直径, 这很容易实現。在壤质土和粘质土中水分处于根毛不能钻入其中的那样大小的細孔中。只有在那种情况下, 如果移动着的水分自己流到根毛, 它 們 才 能够被吸取。所以, 水分在土壤中越容易移动, 它的流动性越大, 它越能較好地供应植物。土壤水分流动性程度决定它对于植物的有效性。

区分出(Роде, 1952, 1955а, 1955б)下列土壤水分流动性等級: 1)所有坚固束縛的水分处于不流动状态,它只能以蒸汽形式的状态移动;2)疏松束縛水(薄膜水)可以移动,但是这种移动是在吸着力的影响下从一个顆粒到另一个顆粒进行的,并且进行的很慢;3)在从最小持水量到毛管断裂湿度的湿度間隔中,当水分破碎分成个别极微小的,以包围顆粒的薄膜一个与另一个相联結的堆积的时候,水分的移动以非常小的速度沿这种薄膜发生,还有自由的吸着封閉水 (сорбционно-замкнутая влага),但它是中等移动的;4)当湿度超过最小持水量时在土壤中出現的自由水,重力水是容易移动的。

生长减慢湿度接近于毛管断裂湿度(влажность разрыва капилляров),同样也等于70%。由于这个原因,在毛管断裂湿度情况下水分移动很微弱,它的吸收被阻碍着。最小持水量乃是对于水分吸收的轉折点,因为高于它出現自由重力水。

А. А. 罗德根据土壤水分对于植物的有效性区分出下列土壤水分类别: 1) 无效水 (недоступная) — 从零到最大吸附湿度 (максимальная адсорбционная влажность)的湿度間隔; 2) 极难有效水 (весьма трудно доступная) — 从最大吸附湿度到萎蔫湿度; 3) 难有效水 (труднодоступная) — 从萎蔫湿度到毛管断裂湿度; 4) 中等有效水 (среднедоступная) — 从毛管断裂湿度到

最小持水量; 5)易有效水 (легкодоступная), 过渡 到 水 分过剩——从最小持水量到最大持水量的湿度間隔。

传照 Г. Н.維索茨基(Высоцкий,1899,1911,1933), А. А. 罗德区分出三种土壤水分状况类型(типа водного режима почвы): 1)淋洗的 [промывной, 透 过 的 (пермацидный)]、2)非淋洗的 [непромывной,非透过的(импермацидный)]和3)渗出的 (выпотной, эксудационный)。

水分状况的淋洗型的特征是全部土壤-土质层直到潜水每年湿透。每年一部分降水渗透过土壤并且在潜水中流走。因此这个类型叫做淋洗的。例如,在森林下灰化土中有这样的水分状况。

非淋洗型的水分状况的特征是沒有土壤-土质层的全部透湿。降水具浸湿土壤的上部,不深于 3 — 4 米,而有时只有几厘米。潜水位于很深的地方,在 12—15 米或更深。在土壤浸湿的上部和在其上具有毛管边緣带的潜水之間分布着具有大致等于萎蔫系数的湿度值的土质层。这一层,按照 Γ. Η.維索茨基(1899),叫做死层(мертвый горизонт)。这样的水分状况类型是黑土变体、栗鈣土、棕鈣土、灰棕荒漠土和灰鈣土的特点。 在森林草原地区这样的状况偶然見于森林下的灰色土,暗灰色土和退化黑土上。

渗出型的水分状况的特征是,来自潜水的水分以毛管支持水的形式接近地表,并且与土壤表层水分相連接。 这样的水分状况类型特别为具有盐生类型植被的盐漬化土壤所固有。

这种或那种水分状况类型的形成依賴于許多原因。A. A.罗德 (1955a) 列举出的是:1)按不同方式吸取水分的植被(植被的演替伴随着土壤水分状况的演替);2)决定降水量和蒸发力的气候;3)土壤的物理特性;不同机械組成的土壤按不同方式保持水分幷且具有不同的持水量;4)地形;例如在碟形地中从周围地面流入較多的水,并且这点反映在水分状况类型的形成上;5)决定土壤这种或那种母质的存在的地质因子;这些母质的埋藏深度和物理特性影响到水分状况类型。

陆地的大部分面积是水分状况的淋洗型和非淋洗型占优势。

渗出型分布不广。

И. Н. 貝德曼所区分的植物类型与这些土壤类型有一定的联系。例如,雨水植物基本上是存在于水分状况的非淋洗型和淋洗型的情况下(它們依靠吸收大气降水生活);毛管水植物存在于渗出型的情况下或具有浅潜水的淋洗型的情况下,潜水植物存在于渗出型或非淋洗型的情况下,同时在后一情况中是在根系足够长或在潜水埋藏不很深的情况下。在植物群落中可能結合着水分状况不同的植物类型(Бейдеман, 1954)。

土壤水分永远含有溶解的盐以及其它的物质,因而是溶液。 所以它通常也叫做土壤溶液。这是土壤的液相。雨水在落到土壤之前經过大气时溶解各种气体和某些其它物质。除氮、氧、二氧化碳外,它还含有氨和氧化氮。水一落进土壤,它就与不同的土壤有机和无机化合物开始起反应。土壤溶液的和它們在它的化学性是不一样的并且經常改变。在潮湿年份,当許多水被带进土壤的时候,溶液的浓度减低,在干旱的年份,相反,浓度增加。在土壤溶液中有許多微生物。

植物是改变溶液的因子之一,它从溶液中取得它所需要的物质并且本身带入土壤一系列物质。

Γ. A. 馬克西莫維奇(1955)曾經确定了土壤溶液的緯度地带和垂直地带:他确定了九个緯度地带。垂直地带性(垂直带性)有多种多样的表現。"在北半球,随着从北向南移动,由于从寒温的和十分潮湿的气候的到热而干燥的气候的变化,土壤水浸提液的总矿化度逐漸增加。这是有賴于土壤溶液中各个离子含量的增加而发生,同时土壤溶液的浓度从冻原土壤到森林带的灰化土,草原的黑土和栗鈣土以及盐土 再到 半 荒 漠 和 荒 漠 的 盐土 增 大"(Максимович,1955)。

該学者引証了关于不同地带土壤中水浸提液矿化度的 資料, 在森林带的灰化土中矿化度等于7—339 毫克/升,在 草原带的黑 土中——45—894 毫克/升,在半荒漠带——58—2958 毫克/升。 荒漠和半荒漠地带盐化土和盐土中的盐分含量变动于180—95880 毫克/升的范围內。

在土壤剖面中沿垂直方向土壤溶液的浓度也同样改变着。在 蒸发强烈的荒漠带,土壤剖面的上部土壤溶液浓度从下向上增加。 相反,在森林带,丰富的大气降水冲淡了土壤剖面上部的土壤溶液。

Г. А.馬克西莫維奇 (1955) 列举了表明按地理带的土壤溶液运动方向的表(表 5)。他指出两种方向:在水分过剩地区它是下降的,在水分亏缺地区是上升的,还在 А. Е. 費尔斯 曼 (Ферсман, 1934)就曾經指出过这种情况。

地理带	溶液运动 的方向	占优势的水化学相	占优势的新生体組成		
冻原地带	下降的	SiO ₂ , HCO ₃ -SiO ₂	SiO ₂ 腐殖质物质 (C), Fe ₂ O ₃ ·nH ₂ O		
森林地带	下降的	HCO ₃ -Ca, R ₂ O ₃ -Ca	CaCO ₃		
草原地带	下降的和	HCO ₃ -Ca	CaSO ₄ · 2 H ₂ O		
	上升的	SO ₄ , Na, HCO ₃ -Na	$Na_2SO_4 \cdot 10 H_2O$		
荒漠地带	上升的	SO ₄ -Ca, Cl-Na	NaCl		
热带	下降的	SiO ₂ , HCO ₃ -SiO ₂	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe		

表 5 按地理地带的土壤溶液的优势水化学相和新生体

从表 5 的資料出发, Γ. A. 馬克西莫維奇作出下列結論:

在冻原地带土壤溶液中二氧化硅占优势;它在水中溶解度的增高与腐殖酸的存在相联系,而它作为可溶性最小的物质从溶液中沉淀出来。在溫和气候的森林地带除了二氧化硅的新生体以外还有鉄的(褐鉄矿)和碳酸盐的新生体。森林地带以风化的硅鋁-粘土型为特征。草原地带的新生体比較多种多样;这里与二氧化硅的和碳酸盐的新生体出現的同时还見到石膏和苏打。荒漠的新生体很特殊;这里典型的是岩盐,同时依湿潤度为轉移形成为二氧化硅,方解石,石膏或岩盐所固結的荒漠壳(пустынная кора)。在这种情况下除了上述典型的荒漠壳以外还观察到过渡的,也就是二氧化硅-碳酸盐的和碳酸盐-石膏的壳。在以紅色的或富鋁性的风化为特征的热带,与二氧化硅和鉄的积聚的同时也見到砖紅

壤性的新生体(Максимович, 1955)。

C. A. 查哈罗夫 (Захаров, 1927) 还在更早就直观地表示过按地带的新生体的变化。 这位学者曾經确定,依降水量和蒸发率 (更正确地說——蒸发)的对比关系为轉移不仅植被的性质改变,而且土壤形成过程的方向也改变。在图式(图17)上繪出从卢庫斯(錫尔河下游)到列宁格勒的土壤发生层次組成的变化。

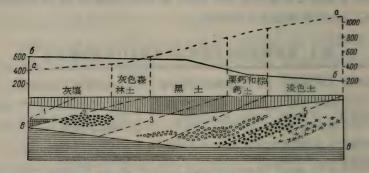


图 17 土壤地带性类型中的新生体(据查哈罗夫,1927) I——腐殖质层的厚度和其中腐殖质的含量 (綫条的密度), I——被淋溶的物质的分布界綫: 1——腐殖质的淋溶, 2——R₂O₃ 的淋溶, 3——CaCO₃的淋溶, 4——CaSO₄ 的淋溶, 5——NaCl 和 Na₂SO₄ 的淋溶, II——腐殖质的积聚, IV——R₂O₃ 的积聚; V——CaCO₃ 的結核; II——CaSO₄ 的結核; II——可溶盐的分泌。 a—a—按維尔德的蒸发率(MM), 6—6——年降水量(MM), 8—8——潜水位。

在黑土中腐殖质层 A 的厚度达到最大,在淀积层中积聚着碳酸鈣,有时积聚着石膏。在灰化土中 A 层的厚度减小;在淀积层中积聚倍半氧化物以及部分的腐殖质,在淋溶层中积聚硅酸。 栗鈣土和灰色森林土占据中間的位置。

灌 漑

灌溉所指的是人工供給农地水分。

陆地表面四分之三以上沒有足够数量的自然水以栽培农作

物。根据 Н. Д. 古拉吉(Гулати, 1957)的資料,全世界的灌溉面积是 121 百万公頃。 在苏联,灌溉地的最大面积分布于占据着中亚广闊平原的荒漠地区。

有三种灌溉方式:地面灌溉,人工降雨灌溉和地下灌溉。

在地面灌溉 (поверхностное орошение) 的情况下水以自流 方式沿地表面分布。分配是借助于地面淹浸,漫灌或沟灌的方式 进行。淹浸方式广泛地应用于水稻灌溉,盐渍土壤的冲洗。在漫灌 的情况下水以薄层沿长条伸展的地面均匀地移动,在谷类作物和 撒播草最常采用。沟灌主要用以灌溉宽行距条播和正方形点播的 作物以及糖用甜菜,馬鈴薯,蔬菜等等的栽植。

人工降雨灌溉(дождевание)是农作物灌溉的机械化方式,在 这种情况下在压力下的水借助于人工降雨机噴濺到空气中,然后 以降雨形式降落到灌溉面积上。这一方式具有許多胜过其它方式 的优越性。

在地下灌漑(подпочвенное орошение)的情况下,水借助于安設在 35—60 厘米深处的地下輸水管进入灌漑面积。采用陶管、人工鼠道,在不大的压力下水从其中流动的梢捆作为輸水管。

在效用期間灌溉可以有規律地进行,这时供給植物水是在一定时期和以必需的数量,并且一次地进行。借助于阻留雪水而实现的蓄水灌溉(лиманное орошение)属于最后的方式。在存在来自分布較高的集水区的水流,从池塘,水庫或河流氾滥排泄春水的情况下在平原上采用这种灌溉方式。在被灌溉的面积上借助于在下游和侧面围繞它的土堤把水阻留起来。蓄水地中水停留的持續时間依被灌溉的作物,土壤-土质的透水性以及所要求的湿潤深度为轉移而确定。

根据Л. А.馬諾希娜(Манохина)、И. В. 拉林 和 3. С. 阿基姆泽娃(Акимцева, 1956)的資料,杂类草-冰草-鵝冠草群丛的草甸的春季蓄水淹浸在4,700 立方米/公頃灌水定額的情况下淹浸66 小时,比起沒有灌溉的草甸来,增加收获76%。

在整个灌溉季节供給田地的水的总容积叫做灌溉定额

(оросительная норма),它以一公頃的立方米数表示。灌溉定額划分为份——在一定期間灌出的水的容积,这叫做灌水定額 (поливная норма)。灌水定額以1公頃上一次灌水供給的水的数量計算。在灌水的时候土壤的根分布层应該获得这样的水量,这种水量与被湿潤层中的水的貯藏量一起完全地保証所栽培植物对水分的需要。

灌水定額的大小通常作为相当于最小持水量的水容积和灌水之前存在的水貯藏量之間的差数确定,为了計算灌水定額采用方程式: m=HA (R-r),式之 m——灌水定額 (\mathcal{R}^{3} /公頃); H——考虑到植物根系的分布,灌水之間期間的长度以及土壤中所需水分貯藏量的应該使之湿潤的土壤层 (以米表示的) 厚度; A——被湿潤层中土壤的孔隙度(以%表示); R——被湿潤层土壤的最大田間持水量(以孔隙度的%表示); r——灌水前土壤的湿度 (以%表示)。

在具有盐漬化土壤的地方必須进行灌水时应該安設排水沟和 集水渠以便排除无用的盐漬化水,如果不这样可能增加灌溉面积 周围地区土壤的盐漬化。

牧場栽培的灌溉不同于其它农作物的灌溉。牧場植物(草甸的和播种的)具有比較不是很深的根系,因此它們需要較少量的, 但經常的灌水。

Д. 托尔恩(Торн)和 X. 彼得逊(Петерсон, 1952)认为,在放牧 場上排水沟之間的距离应該比在灌溉其它作物的情况下要小些, 因为沿生草化的地面水移动較慢,同时較快地渗入土壤,必須大的水流以便地面迅速被水覆盖。在地形不平坦的情况下最好由灌溉 渠浸淹地方。对于牧場这些学者建議按带或按格田灌水。借助于人工降雨灌溉牧場获得良好的結果。

地植物学研究时的水文研究方法

在地植物学研究組成中进行的所有水文学的和水文地质学的

路綫調查

在路綫調查的时候必須具有符合于工作詳細程度的比例尺的 区域地图。在踏勘調查的情况下地图 的 比 例 尺 可 以 較 小 (1: 1,000,000),在詳細的研究时則要求以等高綫繪出地形的 較大比 例尺(1:50,000)的地图。还必須具有用平行地面研究判讀的航空 測量材料 (Галкина, 1937, 1948, 1949, 1953; Виноградов 和 Леонтьева,1957; Преображенский,1957;及其他人)。

在路綫調查时进行地域的水文网, 潜水和水文状况的記載以 及水指示图的編制。

河流的記載以及水体和水道的研究

在記載河流时指出: 1)河段的境界和它的长度,集水的面积,主要的支流;2)河谷的性质以及斜坡的分割程度,河岸和阶地斜坡的寬度、高度和陡度,河岸和阶地的土壤-土质以及植被;3)河漫滩的寬度(最大的、最小的和占优势的),它的表面的性质(长丘和被旧河床,湖泊和支河的切割程度),沼泽化程度,潜水埋藏的深度,分布于河漫滩上的用地的性质,河漫滩的土壤-土质和 植被 的性质,还有河流氾滥的寬度,在通常的,最小的和极端最高的洪水时淹没的时期和深度(氾滥的寬度根据高水的标記或根据訪問的資料确定);4)河床的性质,它的弯曲度,分叉度,被植物根淤塞的程度,稳定性,丛生程度;5)在河流的河口段和在支流汇合处的壅水现象:在各个地点的河床的寬度,它們的高度,土质,河旁堤的有无,堤垻的修筑;6)水的化学性、顏色和透明度;7)冲积物的性质以及它們在河漫滩上的分布;8)水流的状况(根据訪問資料)。

在描述河流时距离的确定根据小舟的行程进行(Близняк, 1952)。河流的寬度(到300米)根据拉紧的纜索,視距仪(从500到1000米),測角器或目測測量;河漫滩的寬度用步測,視距仪和

目測測量。根据訪問老住戶搜集关于水位变动,春泛的开始,它和 洪水的性质,通过的时期,高水位停留的持續时間的情报。

在地植物学研究时的水体和水流的研究中包括 河漫滩、水流和水体的状况的比較詳細的研究。随着河流中水的升高发生河漫滩中潜水位的上升和水量状况的改变,这自然应該反映在植被的組成和性质上;这种情况在河流上建筑壅水建筑物的时候必须考虑到。

为了說明河谷的一般性质,穿过全部河漫滩設置达到高水标記的剖面,剖面地点在大比例尺图上选择,如果沒有图,則根据对被研究的河流地段和植被的初步认識的資料。沿剖面进行簡单的水准測量,并平行地記載植被,同时确定水位的最高标記。并且注意沼泽化的程度和确定潜水的埋藏深度以及它們的化学性(采取水样做化学分析和确定悬浮泥沙;参看后面的《定位研究》)。仔細地研究河漫滩上沉积泥沉积的性质和它的厚度;采取沉积泥的样品以便在定位条件下确定它的机械組成和化学組成。

从地植物学支队所感兴趣的主要水流,水体,水泉和钻孔中采取作化学分析用的水样。水样的采取不应該在傾倒污水和以垃圾弄脏水岸的工厂和居民点的附近进行,同样不应該在浅水区,岸边,牛軛湖,叉槽中等等地方进行。在河流,小溪中样品于白天在深水綫的水的表层中采取。在采取样品之前,用泉水温度表(po-дниковый термометр)检查水的温度,为此将温度表沉入到0.5米深处2—3分钟,并且进行精确度到0.1°的讀数。在这以后把水灌滿由无色玻璃制成的容量为1公升的瓶,同时定性地确定水的顏色,透明度,味道和气味。水的透明度的鑑定用目力进行:非常透明的水——在水中沒有悬浮物质,透明的——有微不足道数量的悬浮物质,弱混浊的——存在很清楚的悬浮物质,混浊的——瓶中的水不透明。在附注中应該指明悬浮物质的性质和它們的起源。

为了鑑定水位变动的特征,在沒有組織定位观察的情况下,在 移动測水哨上进行水位观測。这种哨是設置在当时进行河漫滩研 究的河流地段上 (Близняк, 1952)。如果在研究的区域所感兴趣的只是最高水位,那么可以采用最簡单的自动水标尺,例如 Е. В. 布里茲尼亚克 (Близняк, 1952) 系統。最大的水标尺具有沿高度有小孔的細长形箱子的形状;它的內部表面涂着容易洗去的,用水稀释的顏料(可以稠密地涂上稀释的白堊)。在水升高或降落之后根据染色的水标尺表面的顏色的改变可以判断 出水位。在描述水道网的时候应該遵照"水文勘查規范……"(1942)的相应的章节。

潛水的研究

如「.H.卡緬斯基(1947)所指出,在研究潜水的时候首先考虑 区域的地质构造:岩石的組成,含水和不透水岩系的埋藏 和 分布, 它們的厚度以及裸露在地表的程度。在这种情况下第四紀沉积物 具有巨大的意义,通常最强大的潜水盆地和潜水流与第四紀沉积 物相联系。此外,考虑在很大程度上确定河流网切割深度和地下 逕流方向的地貌条件,以及潜水状况的基本特点所依賴的气候和 水文因子。

潜水是借助于布置钻孔进行研究。钻孔的地点由地植物学家和水文地质学家共同选择。植被的指示特性可以作为布置钻孔时的定向器。地植物学家应該在钻孔附近做植被的完全記載,并在自己的野外記录本上或在記載表格中在植被記載号碼的旁边記上钻孔的号碼。在布置钻孔的时候采用手动的冲击—旋轉钻(ручное ударно-вращательное бурение),这种钻是借助于专門的钻孔仪器和設备进行。它的全套包括:1)钻杆,在它的尖端还有其它的附件,2)套管,3)带附件的钻探架(井架),4)輔助工具。

为了进行钻孔需要两三个工人。在钻孔不深(2—8米)¹⁾ 的情况下采用直径 37 毫米的"地质钻"。这种钻的全套包括:1)钻尖(螺旋管),匙形钻,泥泵,凿子,旋轉削刀;2) 8 个钻杆,每一个长1米;

¹⁾ 在专門研究自流水的情况下钻孔可能达到几百米深。

3)万能螺旋鉗,利用它进行钻杆和钻尖的擰紧螺絲和擰松螺絲,以 及在钻孔时轉动带钻尖的钻杆。钻的所有部分安置于木箱中;包 括箱子在內的它們的总重量是 16 公斤。

在钻孔的时候进行钻孔的記录,在記录中記下下列資料:机关的名称,位置,钻孔口的座标和标高,钻孔的全部深度,地质岩层的号碼以及它們距地表的埋藏深度,同时記載含水层的位置,它們的厚度,埋藏的深度,钻孔中水的第一次出現,稳定水位,对于无压潜水是自由的和对于承压潜水是水压的地下水位,还有植被的性质。除此以外,确定含水层的出水量和水质。

在水文地质研究的时候也采用电探(электроразведка)法,这种方法是根据依岩石中水和盐溶液的含量为轉移的岩石的导电量的改变(电探法的描述参閱 E. B. 布里茲尼亚克的书, 1952)。可能含水的疏松多孔的岩石,比起致密的甚至具有裂隙地下水的岩石来,具有小得多的相对电阻。因此,如果在电測的情况下相对电阻表現出显著的降低,那么这表明存在含水层。借助于电測可确定潜水面的位置。

电探法(电阻法)的实质如下:通过具有长 50—75 厘米的鋼柱形状的电极,从电池組(由于电池組成)发出恒定电流。在另一对电极之間用电位計測量电位差 Δυ。在通过它們发出恒定电流的电极之間的距离不大的情况下,电位計表示出分布在上层的岩石的相对电阻(所获得的值将說明其直径等于电极之間距离的半球的特征),如果拉开电极,那么电位計就测出比較深层的电阻。因此,当测量电极之間距离(差)并且确定在不同差情况下的相对电阻的时候,可以繪制出相对电阻的改变与岩石埋藏深度的依賴性的曲綫(后者在所有情况下等于电极間距离的一半)。

根据所获得的資料在图上繪出所謂等电阻綫 (изоома) 的相 对电阻的分布曲綫,这种曲綫使我們易于判断含水层的埋藏。为 了使图具有应有的根据必須布置若干钻孔。

水文图和水指示图的編制

在广大地域的地植物学和水文学共同研究的情况下通常进行小比例尺(1:1,000,000)路綫的或面积大比例尺(1:50,000)(пло-щадная крупномасштабная)的地域水文地质測量。在詳細研究(以排水或灌溉等为目的)的情况下进行比例尺为1:5,000,1:2,000,和1:1,000的面积測量。地质-岩石图和地植物图是編制水文地质图的底图。在这种底图上以特殊的符号繪出关于区域含水性的資料:泉源、水井和钻孔的分布,它們的富水性,化学性,等等。同样繪出河流、小溪、湖泊以及其它表明地下水排水的水体。全部图例以相应的說明繪在图的图例表中。

在研究作为区域水文鑑定的基本原始材料的泉源 时 必 須 确 定: 1)泉源的位置; 2)泉源露头地点的地形; 3)泉源露头的标高; 4)地质构造以及补給該泉源的含水层; 5)泉源的类型——上升的,下降的,喀斯特的; 6)泉源的出水量; 7)水的温度; 8)水的物理特性(顏色,泥土沉淀物的有无以及其它); 9)水的化学組成。

在研究水井的时候指出水井的位置,水埋藏的深度,含水岩石的組成,水的物理和化学特性等等。为了記載这些必須采用相应的表格。

初步水文地质图是在野外工作时編制,这样可以免除对研究区域水文地质构造的这些或那些模糊不清。图应該給出关于潜水、含水层的露头以及关于深层地下水的明晰的概念。图 18表示出水文地质图的一部分,在图上繪出含水层、泉源露头、钻孔以及其它。为了查明潜水表面,也就是潜水面的性质,必須具有足够的点数¹⁾(例如钻孔),在其上应該測量水位幷且計算出标高。把潜水埋藏的标高繪在图上。然后把同样高度的点联結起来,就可以获得潜水表面的等高綫或地下水等高綫(гидроизогипса)(Саваренский,1935)。潜水表面用地下水等高綫表示的这样的图

¹⁾ 钻孔的数目按照 B. H. 波波夫(1955)的指示确定。

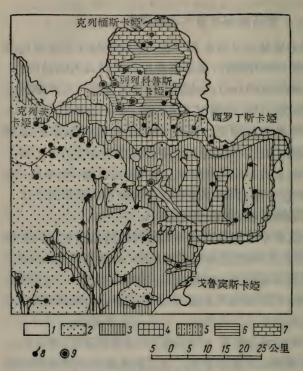


图 18 水文地质图(据卡緬斯基,1947) 1——第四季沉积; 2——旧第三紀; 3——塞隆; 4——图隆; 5——塞諾曼; 6——侏罗; 7——石炭; 8——下降泉; 9—— 上升泉。

提供关于潜水 流的表面和方 向的概念以及 在任何点确定 潜水埋藏深度 的可能性。

究者國兴趣的对象,例如位于接近地表的和强烈地矿化的潜水,或者相反,能够用以灌溉牧場的淡水。

在研究植被与潜水之間的相互联系的时候最好与水文研究并 行地进行全面的地植物学測量,然后編制兼有地植物学的和水文 地质学的內容的水指示图。

С. В. 維克托罗夫(1955)建議,在編制这种图的图例之前先編制水指示方案(гидроиндикационная схема)。 說实在的,这是綜合表,在其中指出在这些或那些水文地质特征情况下的植被的特性。以后水指示方案被概括和簡化并且作为图的图例(表 6)。

为了編制这样的方案,必須从地植物学的观点仔細地描述选择的地段[索引地段(ключ)] 并且从水文地质学方面鑑定它們的特征。植被和水文地质特征上相似的地段[标准地段 (эталоны)]相互比較,其結果就获得說明这种或那种水文地质現象特点的相应的«一套»地植物学特征。

表 6 近烏拉尔(Приуралья)半荒漠区域之一的水指示方案 (据 Е. А. 沃斯托科娃, 1955)*

潜水埋 藏深度 (M)					
	淡的,可供飲用的好水	微鹹的,能够飲用的水	鹹的,不适 于飲用的水		
0—1.5	1. 有中生植物参加 的芦 葦植丛。	有猪毛菜类参加的 芦 葦植 丛。	盐节草群落。		
	2. 柳树和胡頹子群丛組。				
	3. 沙生藨草群落。				
1.5-3	1. 棉子茅的。				
	2. 巨野麦的。				
	3. 芨芨草-拂子茅的。				
	4. 芨芨草-巨野麦的。	799			
	5. 芨芨草-苦参的。				
3-5	1. 芨芨草-賴草-伏諾藜的。	1. 芨芨草-駱駝刺的。			
	2. 展枝蒿群落。	2. 匙叶草的。	1		
		3. 展枝蒿的群落。			
5-10	1. 灌木-針茅的。				
	2. 有芨芨草参加的針茅-羊茅群落。				

^{*} 很遺憾, E. A. 沃斯托科娃沒有引用植物的拉丁名称,这降低了这个有意义的表的价值。

知道了植物輪廓在图上的配置和它們的水文地质鑑定以后, 就可以确定潜流的方向以及它的尖灭或排水的区域。

E. A. 沃斯托科娃(1955)在自己的著作中詳細地論述了关于 水指示图的編制。她认为,水指示图不是严格地地植物学的,因为 在它們上面有时必須划分不等价的植被单位。例如不是水的指示 体的相近的群丛可以联合起来并且以一个指标标記。做为水指示 体来說是重要的其它群落則必須标示在图上,即使在它們具有微

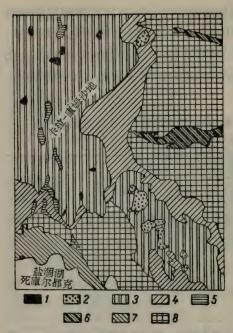


图 19 水指示图。滨里海卡拉-庫姆。(据沃斯托 科娃,1955)

深3-5米,淡的或微鹹的;2-无叶假木賊 (Anabasis aphylla), 潜水深至8米, 淡的或微鹹 的; 3——碟形地中的具有駱駝刺(Alhagi-pseudalhagi) 有 賴 草 (Aneurolepidium sp.) 植从参加 的蒿类-伏諾藜群落,潜水在5-10米深; 4---碟形地中的有无叶假木贼植丛 参加的 蒿类 和 蒿 类- 個木賊群落复合体, 潜水深 8-12 米, 5----盐 节草群落(由 Halocnemum strobilaceum組成),潜 水深至1.5米,苦鹹的;6---盐涸湖中的假木賊群 落 (由 Anabasis salsa 組成) 和盐节草群落 (由 Halocnemum strobilaceum 組成)的复合体、潜水 深1.5-3米或更深,鹹的,7---猪毛菜群聚,潜水 深0-2米,苦鹹的;8---含石膏的粘土上的在潜 水埋藏很深的情况下的假木賊群落(由 Anabasis salsa 組成)。

不足道的分布的情况下。 有时也采用超比例尺符号 以便在图上区分出相应的 指示体。在这种图上常 常也应該区分出不是以自 常也应該区分出不是以具 有特殊发育节律的或以降 低的生活力为特征的建群 种指示这种或那种水文地 质現象的群落。有时应該 标出不是相应植物群落 的建群种的指示植物种 (видиндикатор)。

編制这样的图旣具有 实践意义,也具有理論意 义。图 19 可以做为 这 样 的图的例子。

定位研究

在与查明植被的发育 与地方水状况之間的依賴 性有关的比較深入的地植 物学工作时,以及在研究 潜水不同深度和矿化度情 况下整个生长季节中蒸騰 的变化时进行定位研究。 在这种情况下对水对象組

織水文站幷且設置一系列的钻孔以研究潜水。钻孔布置在对于該 区域来說是特征的,典型的植物群落中。对水位的变动进行系統 的观察,进行地表水和地下水的水化学分析以及确定土壤湿度状况。在整个生长季节期間平行地研究群落的生物物质,物候学,蒸腾和种类組成的变化。

河流状况的研究

河流的供水能力(водоносность)或逕流(сток),也就是在一定时間間隔內(秒,月,年)在河流中流过的水量是河流的基本特征之一。河流的供水能力以水的流量确定。河流供水能力的各季之間和各年之間的变化引起河流中的水位、深度、流速、比降的分布、固体顆粒的数量和組成——河流所轉移的泥沙、河床变形的方向等等的改变。所有这些現象与河流沿岸和河漫滩中的植被的发育有紧密的联系。

为了組織覌測选取該地代表性植被发育良好的幷且对于該河流說来是典型的河岸地形表現清楚的河流地段,以便保証覌測的方便和覌測的足够准确(水文气象站哨規范,1944,1945)。

在所选择的地段上,大致与河流总方向平行幷且接近水边綫 設置基綫。从基綫沿地段的中央和它的边界經过全部河谷划分横 剖面。在只需要进行水位观測的情况下沿地段中央布置一个横剖 面。經过均匀的間隔分布測量点(在不寬的河流横剖面的深度測 量根据拉绳索进行,而在寬闊的河流用平板仪或六分仪进行)。

不到 5—6 米的深度的測量借助于測深杆或拉杆进行,而超过 5—6 米以上用測深錘 (图 20)。在河流和湖泊上也采用回声測深 仪(Близняк,1952)。

为了确定水位的变动在选定的河流地段設置水位站。此外, 在水位站上对水和空气的温度、天气(风,波浪)、降水、河流的解冻 和結冻、流冰、冰盖的厚度以及对水生植被发育的情况进行观测。

水位站可以是簡单的、标尺的、木桩的、标尺-木桩的、水位自 記仪器(自記水位計)。

在"水交气象站哨規范"(1945)中給出进行覌測和測定水流量 的技术。除了在該規范中記載的測量水位的方法以外,水位的变

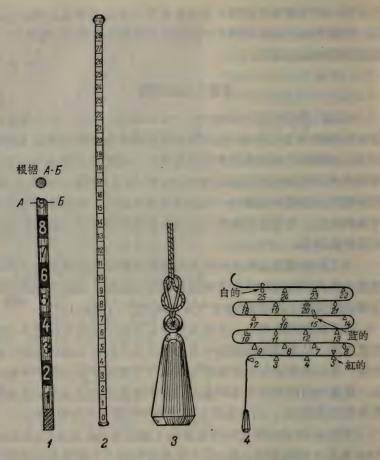


图 20 測量河流深度的仪器(据布里茲尼亚克,1952) 1——測深杆,2——飄浮測深杆,3——水投測深錘,4——具有标 上記号的細绳的測深錘。

化也可以借助于采用核子輻射記录(Данилин, 1957)。在水位变动不超过 1—1.5 米的河流,有具窄孔的鉛箱中的 Go⁶⁰ 放射源安装在水下的木桩上。γ射綫以窄束形式从箱子小孔中射出,穿过水层,射到装置在水上的計数器上。在通过水层的时 候γ射綫减弱,同时根据它們的减弱程度得出水位的变动。計数器联結具有指針指示器的电子电路,指針指示器的刻度以水位高度的厘米数

标記。如果采用电流計或自动电位計以代替指針指示器,那么水位的变化不間断地被記录下来。

在水位变动很大的情况下 ? 射綫源安置在浮筒上,这种浮筒在水位改变时与相对地不动的計数器的浮子一同移动(图 21)。也象在上述方法中一样,計数器与电路相联結。

对水中悬浮的和溶解的泥沙的观測与水的流量的測定同时进行。这个工作由下列操作組成: 1)在測定流速的点上以水样采取器采取水样, 2)从所取样品中分析出含于其中的泥沙和 3)悬浮泥沙量的計算。

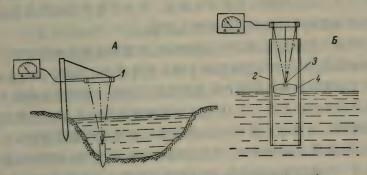


图 21 借助于 y 射綫測量水位的图式(据达尼林,1957) A——在測水桩上的同位素, ——在浮筒上的同位素。 1——計数 器, 2——管子, 3——y 射綫源, 4——浮筒。

茄科夫斯基水样采取器(батометр Жуковского): 瞬时装满水样采取器和瓶式水样采取器(长时装满水样采取器)被认为是为了計算含沙量采取水样的基本仪器。茄科夫斯基系統水样采取器(小的和大的)是为了采取 2—5 升容积的样品。水样采取器 用杆柱或绳索放下去。在不深的和静止的河流中为計算含沙量采取水样的最簡单的水样采取器是悬挂在绳子上的瓶子,绳子下部分叉;绳子的一端固定在瓶塞上,而另一端固定在瓶頸上;为了增加瓶子的重量装上負荷。当把瓶子放下到所需要的深度的时候,拉扯绳子,在这种情况下塞子就拉开同时瓶子被水所装滿;位于瓶子內的塞子小球当瓶子充滿水之后从內部将瓶子关上。然后瓶子从水中

取出。

在考察条件下最方便的是波里亚科夫系統的水样采取瓶(6a-TOMETP-бУТЫЛЬ СИСТЕМЫ ПОЛЯКОВА)。这种仪器由固着在流綫型重物上的三升的瓶子組成。瓶子装有两个小管,其中的一个进入水,另一个排出空气。这种仪器事先加以校对,也就是确定在不同流速情况下水进入的速度(根据瓶子装滿的速度)。水样采取瓶提供在垂直綫上采取一个积分式的样品的可能性,这种样品是借助于不間断地和均匀地(以恒定的速度)从表面沉入到底部以及瓶子从底部到表面的同样的逐漸升高而采取。測定含沙量的积分式的方法大大地使材料的整理变为容易。作含沙量計算的样品是在进行水的速度分析的那些垂直綫上采取。

样品中泥沙数量,它們的机械組成,比重和容重的确定在定位实驗室进行,样品中的泥沙借助于样品的沉淀或过滤而分离出来。借助于沉淀以分离泥沙的方法是最簡单的方法。容积为3升的水样采取器中的样品倒入高15—18厘米和直径20—25厘米的圆形玻璃罐中。玻璃罐放置10天以便沉淀。沉淀之后把澄清的水小心地用虹吸管从罐中倒出,而沉淀物移到称瓶中。在专門的計算表中写下样品和称瓶的号碼。然后将所有称瓶放入水浴或砂浴中,以便蒸干残留在样品中的水分,再拿到恒温器中5—6小时以便在105—110°C的温度下烘干,烘干之后称瓶用盖盖上并放置于干燥器中,然后在精确度到0.01克的分析天秤上称重。

借助于过滤以分离泥沙的方法用于容积不大的样品,并且只有在那种情况下,如果只需要測定泥沙的总数量而不分析它們的机械組成的时候。过滤通过直径为11或13厘米的滤紙进行。滤紙装入玻璃漏斗。通过滤紙的水流入放在漏斗之下的容器,装有样品的瓶子和漏斗固定在特殊的支架上。有泥沙的滤紙烘干,編号和称重。預先已經知道的滤紙的重量从总重量中除去。

在野外条件下为了分离泥沙采用庫普林过滤器 (фильтровальный прибор Куприна) 极有成效。在这个仪器中过滤进行的远較迅速。

悬浮泥沙量的計算是在室內条件下用計算水流量的同样方法 进行(水文气象站哨規范,1945)。

水的顏色是借助于将倒入由无色玻璃制成的特殊量筒中的水 样的顏色与顏色标准比較,然后根据色度等級确定。用鉑-鈷色度 标作为标准。通常只限于目測确定水的顏色,以"无色"、"淡黄"、 "褐色"、"略带白色"、"乳白色"等字眼标記它。带黃色調的存在表 示水流,水体的沼泽补給或污秽。

在水有味道时只指出显明表現的杂味,"鹹的"、"苦的"、"含 鉄质的"、"带酸的"等等,而在沒有一定味道的情况下作"无味"記 号。

气味用"沒有"、"有发霉气味"、"有腐烂气味"等等字眼注明。

为了在实驗室条件下进一步进行水的水化学分析,用一公升 瓶采两个水样(一个基本的,另一个对照的)。瓶子应該用挑选过 的水很好地洗过和涮好。样品用軟木塞盖好,涂以門捷列耶夫灰 泥或火漆,也就是說准备发送到实驗室。

常常在野外条件下进行簡化的水化学研究,在这种情况下使用为沒有专門化学訓练的植物学家特制的野外水化学实驗箱 "Спецгео"(И. Ю. 索科洛夫結构)。它由两个箱子組成一个是基本的,一个是后备的,每个重3公斤。借助于放置在基本箱子中的試剂可以完成20—30个淡天然水的分析;在后备箱子中放入还有120—150个分析的試剂。实驗箱包含20个試剂,蒸餾水的貯藏以及进行分析的相应設备(标准表,滤光器,玻璃器皿等等)。

最近在野外研究中广泛地采用比色法,这种方法是根据在水样中加入具有一定标准颜色的試剂之后,比較被分析的水样的染色。标准采用液体的或有颜色标度的透明玻璃形式的。在采用这种方法的情况下水化学分析的进行大大地被簡化了。

为了測定一年中不同季节河流中水的化学組成,进行有系統 的取样。取样的方法已如上述。

对于平原河流可以确定下列采样时期: 1)在低水 位 的 情况下,当由于地下水的加强流入的結果水最高度地被矿化的时候;2)

在春季高水位时;3)在夏季平水期;4)在封河届临和冬季时。

如果在河流中观察到由于流入水量的影响或冰的融化所引起的洪水,采取补充的水样。

水的化学分析在实驗室根据专門的指示进行。当測定了在 1 立米水中化学上可溶性物质的 数量(以克表示),或所謂飽和度(矿化度) 幷且知道水的每秒流量以后,不难算出 生长 时期或其它任何观測时期內溶解泥沙的每秒流量和化学逕流(химический сток)。

沼泽状况的研究

在地植物学定位研究的情况下通常組織对沼泽 水位 的变动, 对降水和沼泽表面的蒸发的观察。后两个問題會在 Б. П. 卡罗尔 (Кароль)¹⁾的著作中討論过。

对貧养和中养沼泽地进行观測的水位点的布置按照纵横穿过沼泽的基綫进行,以便使观測包括沼泽发育的主要阶段。在真(低位)沼泽(евтрофное болоте)上钻孔可以沿 2—3 个平行剖面布置,以便測定水流的方向。基綫和横断面的起点和終点 用水准标固定。

沼泽水位的观測点可以是下列类型;1) 具有零点标尺的水位钻孔,2)具有浮标装置的水位钻孔;3)配备有水位自 計器的 水位钻孔。

在考察条件中极其通用的是第一类型的水位 設施,其余类型的設施主要用于定位条件中。从零点标尺 計算的 钻孔 装置按下列方式进行。在預定的地点借助于罗賛諾夫钻(бур Розанова)或盘形钻打深 1.25 米的洞,在其中放下断面为 16×16 厘米的管子打眼部分。在不坚实的泥炭层的情况下打眼管子可以打入土质安装,为此管子的下部配备有尖的装置。打眼管子这样安装,使它的上端露出沼泽表面 10—15 厘米。

¹⁾ 参閱本卷 115 頁。

在钻孔旁边距离它 1.5 米的地方,在泥 炭 层 中 打 两 个 长 2.0—2.5 米和直径 14—15 厘米的木桩¹⁾。木桩的上端必 須 高于 沼泽表面 80—90 厘米。在这些木桩上在沼泽表面以上 75—80 厘 米高度的地方将断面为 7×7 厘米的标尺固定;标尺的上緣作为零点,从这里进行計算,标尺的水平性根据水准仪检查。所 有 的钻孔和水平标尺应該用水准測量联接起来。对钻孔的观測借助于木制手提水位标尺进行。标尺放下钻孔直到它接触水面为止。讀数取水平零点标尺的上限水平,如果观测是在冬季进行,那么在每一次观测之后钻孔用小木板盖起来并且鋪上雪,以便使钻孔中的水不致于結冻,在钻孔中水結冻的情况下冰不厚时用破冰杵打碎它 并且以捞网舀出,經过 5 分钟做水位的讀数。

沼泽水位的观測按地方时間进行,一昼夜一次,在早晨进行, 而在冬季5天一次(每月5、10、15、20、25日和每月最后一天)。

野外記录簿中記录的整理归結于,从对于每一个該钻孔获得的值中减去根据标尺做出的水位讀数。借助于这种方式 获得的, 說明相对地从沼泽表面零点算起的水位埋藏特点的数值轉移到水位的年变化表 (годовая таблица уровней)中。

除了沼泽以外这样的方法也用以研究沼泽化的土地(泥炭的或沒有泥炭的),沼泽化的森林,灌丛,草甸和牧場,沼泽化的冻原,河滩,海滨盐土,經常为潜水所湿潤的地面等等属于这样的土地。

潛水状况的研究

在不同植被类型下潜水状况——它們的水位和矿化度在时間上(在植物的生长季节,日历年和各年間)的变动——对于 許 多地植物学問題的解决是极其重要的。上面已經指出,为了使水文地质学研究和地植物学研究密切結合,观測点必須設置在一个地点。

¹⁾ 由于泥炭的弹性木桩很易以旋轉方式打入泥炭中,为此在这种或那种高度上借助于釘子或绳索将横木固着在木桩上,一个人坐在这个横木上,而其他两个人轉动木桩,采用这种方式在耗費非常小的力量的情况下木桩很快地沉入泥炭所需要的深度。

潜水状况的基本要素是:1)它們的水位变动,2)流向,3)流速, 4)流量,5)物理特性(水溫,它的顏色和透明度),6)化学組成。

对潜水位的观測时間在很大程度上决定于研究的目的。在生长时期研究蒸騰的情况下观測在日間每小时地进行,而在所有一年中的其余时間一昼夜一次(在13时)。在研究低洼地潜水流入流量的情况下通常一昼夜进行一次观測或3—5天一次观測。在所有情况下应該在全部钻孔同时进行观測(在同一小时,同一天)。平行地測量钻孔中的水溫。

潜水水位变动的确定是在观測的水井和钻孔中进行。为了避免弄脏,钻孔装置直径不小于50毫米,具网或不具网的有孔滤器。 网孔大小的选择依岩石的顆粒組成而定。

观測钻孔的管子应該突出地表以上不超过1米,它以盖子盖住。钻孔的高度位置(管子的頂部)以水准标固定起来。水位从任何固定的点,例如从套管的边,井栏的边起算。

深度不超过 4 米的水井中的水位測量采用手提 水标尺,在深度不超过 10 米的水井和钻井中广泛地采用固定在 有标 記的絞索上的"鳴筒"。它由一段管子制成,上端盖以木塞;在与水接触的时候发生水拍濺声。为了測定深 20—30 米的钻孔中的 水位采用哨子;在它冲击水面时听到唿哨声。

除了上述最簡单的仪器以外,为了測量地下水位采用带哨子的塔盘測量器,西蒙諾夫系統的盘形的和光标的水位計(дисковый и световой уровнемеры системы Симонова)、电水位計、自計測量器。目前,上述所有水位計之中在考察条件下最常采用的是西蒙諾夫系統的光标水位計。仪器的信号部分由管子、上盖和干电池組成。仪器在标上号碼的小纜索上放下去。当仪器达到水的时候放在下盖中的賽璐珞滾珠浮起到水面并且使鎖鏈接速起来,由于这个原因点燃了电灯泡。

潜水流向可以根据位于其边不小于 100 米的等边三角形角頂的三个钻孔中的水位标高确定,钻孔深入含水层 2—3 米。然后借助于水准測量精确地測定含水层的水位。为此在每一个钻孔打下

木桩到基质水平。对木桩进行精确 水 准 測 量,并且从木桩測量 水位。根据被观测的钻孔中的地下水位标高編制地 段 的 平 面图 (план участка),在其上 繪制地下水等高綫 (图 22)。从具有較 大标高的地下水等高綫到具有較小标高的地下水等高綫所作的垂 綫将指示出水流的方向。

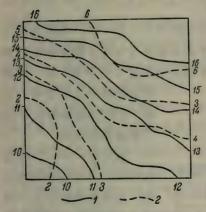


图 22 具有地下水等高綫(2)和地面等高綫 (1)的指标的平面图(据布里茲尼亚克,1952)

图 23 为了确定潜水运动的方向的 钻孔(I一皿)分布图式(据 克里緬托夫,1955)

为了測定潜水的流速按照地下水流运动的 方向 設置两个坑道——起动的和观測的(探井,钻孔)。坑道之間的距离依岩石的性质而定;在粘质岩石中它等于 0.5—1.5 米,在細粒砂中——2—5 米,在粗粒 砂中——5—15 米,在裂隙岩中——10—50 米。为了使水流速度的測定有較大的可靠性,常常設置三个观測坑道(图23)。在第一个钻孔中放下指示剂(食盐溶液或染料),記录放下的时間,然后記录指示剂在被观察的钻孔中出現的时間。为了发现食盐和染料,采用化学的,电测的和比色的方法。在采用化学方法的情况下氯化物很易滴定AgNO₃。

在采用比色法的情况下地下水运动速度的測定采用賦予水以 顏色的不同染料。对于酸性的水采用亚甲基蓝、苯胺 天 蓝、緋紅 2R;对于碱性水——螢光黃、曙紅、藻紅、緋紅和螢光橙;对于中性水——所有上述染料。最常采用的是螢光黃。染料溶液倒入起动钻孔。染料在被覌測的钻孔中出現的时間借助于取样和将它們与螢光鏡标准相比較确定。

最好估計染色的强度,从上往下察看灌滿在玻璃微管中的水样。知道钻孔之間的距离以及染料在检查用的钻孔中出現的时間以后,計算出地下水流动的速度。

在电測法的情况下钻孔分布的图式与上述一样。电路由放入 观測钻孔中的金属棒——以橡皮或木制筒管与管子隔絕的电极組 成。它的上端装上联接电池和安培計的絕緣了的导 綫;另一导綫

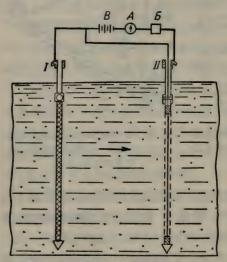


图 24 在电测法确定地下水流速的情况下 仪器装置的图式 I——起动钻孔。II——观测钻孔。A——安

培計, B--- 变阻器, B---电池。

联接起动钻孔的套管的上端。电的接綫按繪在图 24 上的綫路图进行。

氯化銨(NH4GI)或食盐(NaGI)"可以作为指示剂。把这些物质中之一以溶液形式或干燥形式放进起动钻孔。通常一次放入达1公斤的物质,同时每10—15分钟重复增加材料,直到全部加入含水层4—6公斤物质为止。在进行試驗的时候建議只在根据毫安培計标度进行讀数的时候接通电网,以免供給电流的电池迅速放

电。放入溶液之后开始时的 計算 在砂土中每隔 1-2 小时进行讀数, 在 壤土 和 粘土中每隔 2-5 小时, 甚至隔若干天进行讀数。

¹⁾ 原书作HCl, 恐系排版错誤——譯者注。

此后当溶液 达到 检驗钻孔的时候,砂土中的观測每隔 30—40 分钟进行,而在壤土每隔 1—2 小时进行。潜水的流速按下列公式确定:

$$U=\frac{L}{T}$$
,

式中U——水移动的速度;L——钻孔之間的距离;T——指示剂移动的时間。通常,指示剂通过的时間在电流最大的点求得,这个电流最大的点也相当于观測钻孔中潜水浓度的最高点。

潜水渗透系数 (коэффициент фильтрации грунтовых вод) 的測定。渗透系数說明水通过土壤和岩石的渗透速度的特征幷且以属于时間单位的綫性单位(米/昼夜,米/小时,厘米/秒)表示。它被 規定 为在过滤断面面积上单位时間中滤过的水流量的比率。渗透系数的測定根据經驗公式,以及实驗室的和野外的方法进行。野外方法之中最可靠的是抽水,这种方法是根据从中央 钻 井中抽水和根据对中央的和观測的坑道(钻孔,探井)中的水位的 观测。抽水借助于泵进行。这个方法非常耗费劳力,它只在专門 水 文勘查的情况下被采用。

測定渗透系数的精确度較小的,但比較簡单的方法是灌注法 (способ налива);这些方法之中流行 最广的是波尔迪列夫法 (способ Болдыревя)(Близняк,1952),这种方法归結如下。在断面不小于 1×1.5 米的探井底部做出直径 0.5 米 和深 0.15—0.20 米的加深部分(聚水坑),在加深部分的壁的砂上以木制的或金属的环固定起来。为了在試驗时对水位变动进行观測把具有厘米分划的标尺固定在加深部分的壁上,标尺的零点必须与底部符合。底部弄平幷且撒上一层厚至 2 厘米的砾石,为了供給水安置具有量水玻璃的箱或桶,在玻璃上刻上相当于箱或桶中的水的一定容积的分划。水沿橡皮管从箱子流入坑中。橡皮管插入离开箱子的金属管子中。橡皮管装备有夹子。打开夹子时,水就逐漸充滿加深部分到 10 厘米的高度。借助于从箱子供給水支持这个水位;这时記录下被灌注的水的容积以及灌注之間的时間間隔。为了防止加

深部分的底部被冲刷,橡皮管的尖端放置于装滿砾石的小袋中。 当还沒有形成或多或少恒定的水渗透流量以前,試驗持續 10 小时 或更多。

渗透系数根据下列公式計算,

$$K = \frac{Q}{F}$$
,

式中K——以K/昼夜表示的渗透系数;Q——以立方K/昼夜表示的稳定的水流量;K——以平方K表示的加深部分浸湿表面的面积。

潜水的物理特性和化学組成的研究基本上按研究地表水的那些方法进行。为了測量水的溫度采用具有放置在硬橡皮框子里的被絕緣了的水銀貯器的"惰性"溫度計。也可以采用电溫度計。

关于潜水水位和溫度的資料記录在覌測記录本上。

在定期研究的情况下进行周期性的水样采取以作化学分析。 根据 Φ. Π. 薩瓦連斯基(1935)的意見,水样应該在潜水最高和最低水位期間,在引起潜水升高或它們的淡化的洪水和降水情况下 采取。

在森林下和在观察到矿质盐类的生物积累过程的地方,在生长期間水样采取不少于一个月一次,而在水文气象条件显著改变的情况下还要更多。在采样之前应該进行抽水以便使钻孔中水清新。

在特殊装备的钻孔上周期性地进行地下水流速和它們的流出 量的測定。

蒸騰上的水分損失(потери влаги на транспирацию),正如 Дж. 基德列希(Китредж, 1951) 所指出,可以根据潜水水位的变化計算。类似的計算可以在如果根系达到潜水位的那种情况下进行。对潜水的观測必須在一昼夜間每隔 1—2 小时間隔进行。根据这些資料繪制潜水水位实际变动的曲綫,同时在这个图上也繪出計算出的潜水流补給速度的曲綫(图25)。潜水补給速度的計算

按下列方式进行。大家知道,从早晨2时至4时蒸騰极其微小,因之这时的水位变动曲綫应該完全代表潜水补給的数量(r)¹⁾。如果沒有由于蒸騰的損失,那么潜水变动的曲綫在24小时期間逐漸向上升

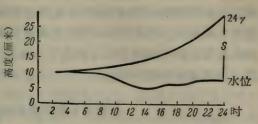


图 25 潜水水位的变动和 潜水流补給的 速度的互相吻合曲綫图(据基德列希,1951) 24 r——在一昼夜期間潜水流的补給; S——潜水水位变动的計算出的数据和实际数据之間的差数。

高,也就是 24r 值代表一昼夜期間潜水流的总补給。 潜水水位变动的計算出的資料和实际資料之間的差数 S 将說明由于蒸騰所附加的变化的特征 (图 25)。它将是 24r——S。潜水水位中的变化借助于乘以土壤的比較排水 T (为了补偿蒸发损失所需要的水层高度)換算。結果公式的形式是

$$Tp = T \frac{24 r \pm S}{100},$$

式中 T_p ——一昼夜的蒸騰;r——1 小时的潜水补給数量;s——計算出的和观測到的潜水水位之間的差数;t——土壤的 比較排水量,它被規定为从土壤中消耗的水层高度对土壤厚度的比率;这个比率以百分数表示。

在所描述的方法中通常假定排水的速度在24小时期間不改变。实际上速度按照潜水位由于蒸騰而降低的程度增加, 幷且在午后, 当潜水水位具有最小值时成为最大; 相反, 在潜水水位的最高值的情况下排水速度最小。

第二种方法近似地計算潜水补給速度的改变。采用这种方法

¹⁾ Дж. 基德列希(1951)在証实从半夜到早晨 4 时蒸騰最小时,引述了若干資料。 在俄亥俄 11 ™ 两年生郁金香树的蒸騰損失 是 0.4 克,或 一 昼 夜 总 蒸 騰 的 1.6%,而針叶树——2—4%。因此,象这样的損失可以忽略。

时潜水水位每小时的变化按高于(盈余)和低于(亏損)相当于零点变化的水平綫的时間繪在图上;这样就获得柱式图解。在蒸騰量接近零的钟点,柱式图解的变化說明潜水补給速度的特征。可以画出說明在研究期間潜水补給速度的曲綫。随后蒸騰損失的計算按上面描述过的方法进行。

土壤水分状况的研究

为了了解植被的水分状况必须研究土壤的水分状况。重要的是确定浸湿作用的类型,土壤表层湿度与潜水状况、毛管层以及它的厚度的联系。在所有的土壤水分状况研究时极其必须平行地研究根系和植物地上部分的形态和物质量。同时必须确定土壤的类型、它的各个层次的机械組成、透水性、容重、孔隙度、渗透和持水特性、最小和田間持水量、萎蔫湿度、田間湿度、最大吸湿量、活动湿度的范围。所有这些在被研究的植物群落下的土壤的測定应該与对植被的观測。区系組成,生物物质量的物候学(фенология биомассы),蒸騰等等的变化——在生长期間平行地进行。

土壤类型在野外确定,为此进行土壤剖面的記載并且采取土 样以便分析它的机械組成和化学組成。土壤湿度的測定在整个生 长季节期間定期地进行;通常它根据重量法进行。也有測定土壤湿 度的比較現代的方法:电測法(Черняк,1955)和放射法(Данилин, 1957),然而,它們需要十分复杂的专門設备。

重量法(весовой метод)归結于,以手操土锗每隔 10 厘米(在上层最好每隔 5 厘米)采取土样,直到不同的深度。在潜水埋藏不深(到 5—8 米)的地方,样品的采取最好按直到潜水为止的联續柱状剖面进行。在具有渗出状况的土壤的情况下通常也这样处理。如果潜水埋藏很深(10 米以下)的話,那么样品应該采到未浸湿——"死"——层。死层見于具有非淋洗土壤状况的土壤上。上面已經指出,采样的时期应該与对植被的观測时期相符合。样品采取必須不少于三次重复,而对于表层——不少于五次重复。

为了这个目的有鋁制的小杯(称瓶),在出发到野外之前,在实

驗室条件中,将这种鋁杯放在烘箱中干燥,干燥之后称重。空称瓶的号碼和重量登記在专門的記录簿或练习本上。在野外利用土钻从不同的发生层次中取出土样。 放 20—30 克取出的土壤于称 瓶中,迅速用盖把它盖上。同一个深度的样品采三次重复。 在野外实驗室中将装有土壤的称瓶称重,打开,以打开的形式与盖子一起放入烘箱中,在 105℃ 情况下干燥 6 小时。 經过 6 小时之后取出称瓶,盖上盖子并放置于干燥器中。当称瓶冷却之后,重新将它們称重。湿度的計算以干燥土壤的百分数进行。

測定土壤湿度的 П. В. 伊万諾夫(1953)方法也属于重量法的一类,这种方法按下列方式进行,将 3—5 克的土壤秤量放置于称重鋁盒中。然后借助于吸量管或滴管将土壤秤量以純酒精蘸湿直到在小杯中出現自由的液体,为了这个目的需要約 4 毫升的酒精。将小杯的底部在桌上稍微敲打几下,使小杯中的土壤以均匀的一层分布,同时过 1—2 分钟点燃酒精。放置 3—4 分钟,当火焰熄灭之后,再以酒精蘸湿土壤,直到它的表面均匀地变黑(1.5—2 毫升酒精),同时馬上再点燃酒精。也照这样的方式进行第三次的烧透,这以后小杯以盖盖上并且在温暖状态下称重。样品全部干燥耗费 20 分钟,在一个样品上的酒精消耗是 7.5—8.0 毫升。土壤中水分含量也象在上述方法情况下一样計算¹⁾。

土质自然湿度研究的电測法(электрический метод)是 Г.Я. 捷尔尼亚克(Черняк, 1955)²⁵ 所建議的。在这个方法中采用探測器形式的野外測量电容器 (полевой измерительный конденсатор), 这种电容器使我們有可能实际上在距地表任何需要的深度

¹⁾ 这个方法不适用于确定含有机残体丰富的土壤的湿度。

^{2) 「·} Я. 捷尔尼亚克以电测法測定砂质土质的湿度。

在自然埋藏的土质中进行測量。該电容器的电极的作用由两个同样直径的,相互安置在一个軸的末端,一个距另一个若干距离的金属圆柱体担任。 电容器的場不局限在探測器本身中,而包括环绕它的或多或少較大的空間。

在最近为了对土质水分状况进行定位研究也采用另外的,两齿叉头形式的比較簡单的探測器結构,这种探測器結构的金属刃齿(电极)固着于塑料的基座上。为了連接探測器与測量仪器——介电仪 (диэлькометр) ("Водгео") 采用同心电視纜,研究方法的一般特点归結如下。探測器(电极)装置于土质中(在直径为75—100毫米的钻孔底中),同时在地表面只留下在尖端具有塞孔的一短段电纜以便連接介电仪,探測器在整个观測时期留在土质中。紧接装置探測器之前从钻孔底采取重15—30克的二至三个土质样品装入称瓶中,以便按通常方法(干燥到恒重)测定岩石的初始重量湿度 We¹。

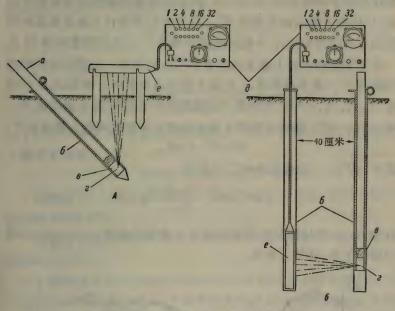
对湿度时間变化的观測是借助于定期測量土质中的探測器电容量和介质損耗(沒有探測器凹槽)而实現。根据获得的資料計算出在自然埋藏条件下的土质的介质渗透性 Ee。知道了后者,求得在測定那一瞬間的重量湿度 We。在这种情况下計算按 Γ . Π . 捷尔尼亚克的經驗公式 $We=Ee-1.7+a(\lg Ee-0.23)$ 进行,这里a——恒定系数,其值是借助于代换公式中的 We^1 值以及由于探測器电容量第一次測定的結果而获得的相应于它的 Ee^1 值从該公式中确定。

确定土壤湿度的最現代的放射法(радиоактивный метод)是借助于 А. И. 达尼林(1957)設計的仪器进行。这种仪器使我們有可能直接在野外在定位条件下不破坏土壤构造測量土壤湿度。它是根据利用放射性輻射的原理。在土壤中在一定深度安置同位素 Собо。 γ-射綫通过土壤幷且被核粒子計数器登記下来。把通过同一个土壤层时这些射綫的减弱作为恒定值。該层中湿度的最小的变化引起 γ-射綫强度的改变。

土壤含水越多,能量子的吸收也越多,相反,湿度越低,吸收也

越少。測定 /-射綫强度的仪器是具有 M9C-54 或 CTC-6 型的电 計数器的携带用換算装置。

为了測量必須知道借助于土样的恒溫器干燥而确定的該土壤 层中的初始湿度。 把这个湿度作为发端的(基点的), 在以后測量 只借助于 γ-射綫进行。这时可以采用两种方法——垂直 的 和 水



平的。以这种或那种方法测量的图式見图 26。在借助于垂直 γ-射綫束以测量湿度时将金属管以一定角度釘入土壤,金属管的下端具有鋼制的头。在測量时将具有鋁头的木杖放入管子中直到挡板为止,鋁头中放置有同位素 Go⁶⁰。在鋁头中具有为了使 γ-射綫射出的小孔。在土壤上面的架上安置与計算脉冲速度的換算仪器或指針测量器連接的計数器。这样的测量方法使我們有可能測定

直到50厘米深度的土壤水分含量。

第二种測量方法——根据 水平 γ -射綫束 减弱的 程度——正如 A. VI. 达尼林所指出,提供測定直到 1.5-2.0 米或更深的任何层次的土壤湿度的可能。为了这个目的在土壤中彼此相距 40-50 厘米垂直地装置两个由聚氯乙烯胶或其它物质制成的管子。在安装这些管子的时候从 10,20,30,40,100 厘米等等深度采取对照样品,以便按干燥法确定湿度 W。 这里在打算进行土壤湿度系統測量的所有层次中进行 γ -輻射强度的測量。 为此在測量的瞬間 在一个管子中在木棒上放下同位素 Co^{60} ,而在另一个管子中在同样深度放下 γ -量子計数器。 知道了通过这些层的 γ -射綫的初始强度 J_1^0 、 J_2^0 、 J_3^0 、 \cdots J_n^0 和測量开始瞬間的所有层次 的土壤湿度 W_1 、 W_2 、 W_3 \cdots W_n ,就可以根据下列公式确定任何瞬間的土壤湿度W,

$$W = W_1 \pm \Delta W_1$$
,

式中 DW1---湿度的改变。它本身

$$\Delta W_1 = \frac{\ln J_1^0 - \ln J}{\mu_\rho},$$

这里J——在任何其它測量瞬間的 γ -射綫的强度; μ_{ρ} —— γ -射綫 减弱的系数,其值已給出。

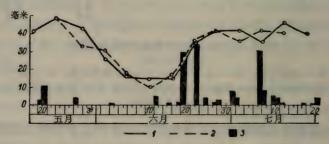


图 27 瓦尔戴地方 20-厘米土壤层中湿度的季节进程 1——恒溫干燥器測量的平均水分貯藏, 2——借助于y-射綫測量的平均 水分貯藏,3——降水(毫米)。

让我們引述按照 A. H. 达尼林(1957:38)的湿度計算的例子。 假定,在安装管子的瞬間 50 厘米深度的土壤湿度 是 20% 同 时仪器在这个深度在 2 分钟內数計出 18,000 脉冲。十天之后 如果仪器在这个同一深度在 2 分钟內数計出 16,200 脉冲的話,土壤的湿度将是多少?

假定 50 厘米深处的土壤容重等于 1.5。而在管子之 間 的 土壤层的厚度是 40 厘米的情况下土壤湿度 1% 的 变 化相当于 6毫米水层,土壤中水层的变化将等于

$$\Delta W_1 = \frac{\ln J_1^0 - \ln J}{\mu_0}$$

以 J_1^0 ——18000, J——16200, 而 μ_{ρ} ——0.063 代入, 获得

$$\Delta W_1 = \frac{\ln 18000 - \ln 16200}{0.063} = 16$$
 毫米。

以 6 除这个数目,获得湿度的增加率 2.7%。于是,50 厘米深处的 土壤湿度将是

$$20+2.7=22.7\%$$

試驗証明,土壤的放射測定, 比起土样的干燥来,提供比較可靠的結果(图 27)。

土壤的孔隙度和最大持水量根据土壤 的 比 重 和 容 重 算 出 (Poдe, 1955a)。

土壤的透水性(водопроницаемость) 很容易在野外測定。为了这个目的在土壤中到6—7厘米深度为止嵌入木制的或金属的面积为50×50厘米的正方形模子。模子的全部四个壁的下部做成楔形;如果模子是木制的,那么以鉄皮将其鑲边。正方形这么安装,使它的壁和土壤之間沒有裂縫。为了防止側向漫流通常采用两个模子,其中一个是外面的(50×50厘米),另一个——里面的(25×25厘米)(图 28)。

在两个正方形模子中灌水到5厘米深。經常保持这个水位。 水消耗和渗透时間的讀数只根据里面的模子确定,水从这个模子 几乎垂直向下地下渗,而从外面的正方形它将向側面漫流。水从 两个桶子供应,其中一个配备有量水表。知道了水的消耗和渗透 时間以后,計算出单位时間,例如1分钟內以毫米水柱表示的土壤

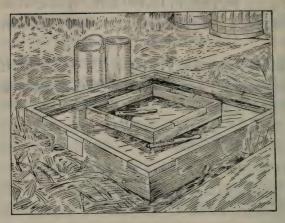


图 28 利用小灌水面积法在野外測定土壤的透水性

透水性。由于土壤的透水性随时間改变(通常随时間减小),所以对它的观測在6—8小时期間內进行。

我們认为,根 据最大吸湿量可 以算出萎蔫系数 (Федоровский, 1948, 1954;

Францессон, 1951).

确定水分貯藏(запас влаги)十分重要。通常水分貯藏以每公 頃立方米或毫米水柱表示。按照 А. А. 罗德(1955а),水分貯藏的 計算依下列方法进行。假定 K 是我們希望作計算的,以土壤干重 百分数表示的常数,而 M——对其确定 K 值的以厘米表示的土层 厚度。想象基部为 1 平方分米和高度为M厘米的土壤稜柱,显而易 見,它的体积将等于 $100 \times M$ 立方厘米,而在这个体积中的土壤干重是 $100 \times M \times OB$,这里 OB——土壤的容重。如果常数等于土壤干重的 K%,那么在土壤湿度等于K 的情况下,在稜柱中将含有:

$$\frac{100 \times M \times OB \times K}{100} = M \times OB \times K$$
 克(或厘米³)水。

在稜柱的基部面积假定等于 100 平方厘米的情况下这水占据的水层厚是

$$\frac{M \times OB \times K}{100}$$
 厘米,或 $\frac{M \times OB \times K \times 10}{100} = \frac{M \times OB \times K}{10}$ 毫米。

代入相应的值可以計算出在最小持水量情况下,在凋萎湿度情况下,在自然湿度情况下的水分貯藏。

在总計每一层的值之后获得任何厚度土质层的值。以毫米数

表示的值可以換算成每公頃立方米数。这是借助于把所获得的数字乘以10求得,因为在1公頃上1毫米厚的水层相当于10立方米。

根据总水分貯藏还不能判断关于植物的水分保証,为此必須知道有效水分的范围,这种有效水分处于萎蔫湿度值和田間持水量值之間。知道了田間湿度貯藏和最小持水量情况下的水分貯藏,就能够計算出水分沒有达到土壤能够保持的最大数值是多少。这些資料可以作为为了計算出在灌溉情况下需要引入多少数量的水的根据。还应該估計到,对于砂和对于粘土或壤土同一田間湿度的值意味着不一样的植物有效水分保証,因为在不同机械組成的土壤上萎蔫系数是不同的。因此根据田間水分貯藏的一个数字不能判断关于植物的湿度保証。必須对于每一种情况从土壤中水分总数量計算出相当于对該土壤来說是一定的萎蔫系数的水分数量。差数将是对于植物的有效水分。

地方水分平衡的确定

水分循环对于气候和水文条件,植物的生活等等具有非常重要的和多方面的意义。到达地方地段上的降水,它們形成的河水逕流和地下水,土壤的水分蒸发以及植物的水分蒸騰乃是水分循环过程的相互联系的环节。在这些环节之間存在一定的关系,这种关系可以以水分平衡的方程式表示。在这个方程式的收入部分列入大气降水和凝結水,而在支出部分——逕流,广义的蒸发(从土壤和水体的蒸发以及植物的蒸騰)和土壤-土质中水分的积累或消耗数量。

陆地地段的总水分平衡的方程式具有下列形式:

 $Oc + K + \sum \prod p = \prod os.c + \prod.c + Mn + T \pm \Delta M \pm \Delta v$

式中 Oc——大气降水;K——凝結, Πp ——經过地面范围的地表和地下流入量; $\Pi os.c$ ——地表逕流; $\Pi.c$ ——地下逕流;Un——土壤蒸发;T——蒸騰, $\pm \Delta U$ ——轉移的地下水分貯藏(积累或消耗); $\pm \Delta v$ ——轉移的地上水分貯藏。在如果范围是閉合的情况

下,那么 $\Sigma \Pi p = 0$ 。

当然,如果已知土壤中的不同种的水分收入和支出,那么可以編制土壤的水分平衡(водный баланс почвы)。水分平衡可以为任何时期編制,但是最常采用年水分平衡,按照А. А. 罗德(1955а),这种年水分平衡以下列方程式表示:

$$Oc + \Gamma p\Pi = \mathcal{I} + \mathcal{H}cn + \Pi C + B\Pi C + \Gamma pC$$

这里 Oc—整个期間降水的总数; $\Gamma p\Pi$ ——从潜水中到达土壤的水分数量(在整个期間內的潜水补給,潜水流入量), Λ ——在整个期間內(植物——譯注)吸收的数量;Hcn——在整个期間內物理蒸发的数量; ΠC ——在整个期間內地表逕流的数量; $B\Pi C$ ——在整个期間內土內逕流的数量; ΓpC ——在整个期間內潜水逕流的数量。

列入方程式中的全部数值通常以水层的毫米厚度表示,也就 是象对于降水所采用的那样。

在这个方程式中沒有考虑到在研究期間开始和末尾土壤层中水分凝結和貯藏的数量。原因是凝結水分的数量通常极小,把它看作零。至于在研究期間开始和末尾土壤层中的水分貯藏,那么对于平均年它們应該是相等的,如果不发生土壤的日漸干涸或日漸沼泽化的話。

实际上,当涉及的不是平均,而是具体年的时候,那么在每一年的末尾土壤中水分貯藏与年初相比較可能稍微减少或增多。因此对于各个具体年来說土壤水分平衡的方程式成为这样形式;

$$Oc + \Gamma p\Pi = \mathcal{I} + \mathcal{U}cn + \Pi C + B\Pi C + \Gamma pC \pm s$$

式中 6——土壤中水分貯藏的正的或負的变化。

A.A. 罗德(1955a) 引証了复层云杉林下发育在輕质复盖壤土上的中灰化土水分平衡的計算資料(表 7)。在 1939 年等于 10毫米的不足,和在 1940 年等于 157 毫米的过剩乃是土壤中水分貯藏的变化。

按照水分平衡的公式也可以根据下列方程式計算出蒸騰的数量

$Tp = B_0 - B_1 + Oc - Hcn - Om - Cm$

式中 Tp ——蒸騰; B_0 —— 以毫米表示的观測期 1)开始时土壤中的水分貯藏; B_1 —— 以毫米表示的观测期末尾的水分貯藏 2 ; Oc —— 降水; Hcn —— 土壤蒸发; Om —— 潜水流出量; Cm —— 地表逕流。

表 7 发育在軽质壤土上的中灰化土 0—85 厘米层的 大約水分平衡(毫米)

(据 H.C. 华西里耶夫, 1950)

	1939 年 1940 年
收 入	320 581 45 32
总。計	365 613
支 出 乔木林冠的吸收····· 地面植被的蒸发和吸收····· 地表逕流·····	197 184 71 74 5 6
土壤逕流······ 潜水逕流······	17 107 85 85
总 計 不足或过剩•••••	375 456 -10 +157

^{*} 降水总量在1939年是438毫米,而在1940年是730毫米。

根据这个公式可以計算出总蒸发(蒸騰+土壤蒸发)

$$Tp + Hcn = B_0 - B_1 + Oc - Om - Cm$$

而知道了水分的收入, 逕流和总蒸发时, 可以計算土壤-土质中的水分蓄积以及其它。

利用水分平衡方程式,进行被研究地域上水分消耗的估計。 在不利的水分分配情况下設計改变它的途径,因为水分平衡的各 个組成部分可以在人类經济活动影响下改变。这些措施基本上是

¹⁾ 通常在早春,在植物生长的开始,其时土壤湿潤到最小 持水 量,同时蒸騰刚刚开始。

²⁾ 生长期結束---晚秋。

按照减少地表逕流和增加地表水的排泄以及增加蒸騰 的 方 向 进行。

在湿度不足的地带基本的任务是改变土壤的水分平衡和它的水文气象状况。其目的是保持土壤中的水分貯藏和减低非生产性的蒸发,以便保証农作物,草甸和牧場的高产量。这是借助于农业技术措施:精細培育的土地耕作法,造林等等达到。这些措施提高土壤的湿度和减低地表逕流。相反,在湿度过剩,特别在分布有沼泽和沼泽化地段的区域,借助于建立排水网增大地表逕流。在南方沼泽化的地区水分消耗的增加可以在排水之外借助于栽植适当的树种(桉树)达到,这些树种显著地提高蒸騰(参看表1)。

总蒸发的測定也是在蒸发皿中进行。

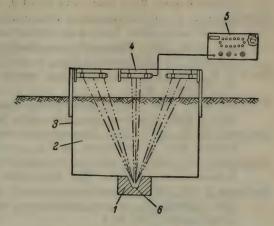
对土壤表面蒸发和蒸騰的水分損失的覌測目前最常借助于重量蒸发皿(весовой испаритель)进行(Попова, ГГИ等)。在蒸发皿中放置不大的土壤整段标本,在測量的瞬間将这种标本称重。在这样的蒸发皿中植被很快地死亡;除此以外,在不大的整段标本中蒸发条件显著不同于土壤自然表面的蒸发。最完善的是国立水文研究所制造的具有专門水力称重系統的大的土壤蒸发器。但是建造这样的蒸发器需要耗費很多資金。

总蒸发的損失也可以借助于采用核子輻射 測定(达尼林,1957)。这个方法是最有前途的。它使我們有可能不必称重放置于蒸发皿中的土壤整段标本而測量土壤表面的水分蒸发数量。在这种情况下,正如 A. V. 达尼林(1957)所指出,土壤整段标本的体积可以达到 1 立方米或更大。在这样的蒸发器中的土壤表面的蒸发将接近于土壤自然表面的蒸发。为了測量蒸发采用同位素绝 Cs¹⁸⁷的半衰期——33 年,而被它放射的γ-射綫的能等于 0.6 мгэв。这种能的 γ-射綫被水减弱的质量系数 (массовый коэффицент) μρ 等于 0.0894。 在蒸发器外盒的底部在具有狭窄小孔以便 γ-射綫射出的鋁箱中这样放置同位素绝 Cs¹⁸⁷,使得通过土层的 γ-射綫落到計数器上。依賴于蒸发掉的水分的数量計数器将表示出不同数量的脉冲;根据这些資料也計算出蒸发的損失。

为了提高蒸发 水分計算的精确度 %一量子計数器安装 在蒸发器上面的三 个地点(图 29)。

A. H. 达尼林 (1957) 會經 指 出 过, 蒸发总損失以 达到水 层的 0.5—1.0 毫米的精 确度 被測量出来。

現在正在进行 着关于采用放射輻



射方法以測量植被蒸騰的試驗。

[陈昌篤譯(河流的記載以及水体和水道的研究部分 呂应三校)]

参考文献

Алпатьев А. М. 1954. Влагооборот культурных растений. Гидрометеоиздат, Л.

Антипов-Каратаев И. Н. и В. Н. Филиппова. 1955. Влияние длительного орошения на процессы почвообразования и плодородие почветельной полосы Европейской части СССР. Изд. АН СССР, М.

Арманд Д. Л. 1954. Изучение эрозии в лесостепных и степных районах СССР и состояние противоэрозийных мероприятий. Изв. Акад. наук СССР, сер. геогр., № 2.

Арманд Д. Л. 1955а. Естественный эрозионный процесс. Изв. Акад. наук СССР, сер. геогр., № 1.

Арманд Д. Л. 1955б. Классики русской науки и их вклад в проблему борьбы с засухой и эрозией. Сб. «Значение научных идей В. В. Докучаева для борьбы с засухой и эрозией в лесостепных и степных районах СССР». Изд. АН СССР, М.

Арчер С. и Қ. Банч. 1955. Луга и пастбища Америки. Изд. иностр. лит., М.

Ахмедсафин У. М. 1947. Новые данные о связи растительности с грун-

- товыми водами. Вест. Акад. наук КазССР. № 1-2.
- Ахмедсафин У. М. 1951. Поисковые признаки подземных вод в песчаных пустынях. Вест. Акад. наук КазССР, № 1.
- Ахромейко А. И. 1950. Физиологическое обоснование разведения сосны в степях. Сб. «Бузулукский бор», т. III. Гослесбумиздат, М.—Л.
- Басов Г. Ф. 1949. Гидрологическая роль лесных полос Каменной степи. Агробиология, № 1.
- Бейдеман И. Н. 1946. Смена растительного покрова в связи с изменением режима грунтовых вод. Докл. Акад. наук АзССР, т. II, № 4.
- Бейдеман И. Н. 1948. Роль растительного покрова в водно-солевом режиме почв. Почвоведение, № 7.
- Бейдеман И. Н. 1952. Эколого-геоботанический очерк Мильской степи в Закавказье. (Рукопись. БИН АН СССР).
- Бейдеман И. Н. 1953. Эколого-биологические основы смен растительного покрова (на примере низменности восточного Закавказья). Ботан. журн. т. 38, № 4.
- Бейдеман И. Н. 1954а. Развитие растительности и почв в низменности восточного Закавказья. Сб. «Вопросы улучшения кормовой базы в степной, полупустынной и пустынной зонах СССР». Изд. АН СССР, М.—Л.
- Бейдеман И. Н. 19546. Транспирация хлопчатника при различных экологических условиях. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. III, Геоботаника, вып. 9.
- Бейдеман И. Н. 1955. Водный режим растений и почв на пастбищах Ногайской степи. (Рукопись. Отчет Северо-Қавказской экспедиции АН СССР. БИН АН СССР).
- Бейдеман И. Н. 1956. К методике изучения водного режима растений. Ботан. журн. т. 41, № 3.
- Бейдеман И. Н. 1957а. Водно-солевой режим растений и растительных сообществ в пустынных районах Кавказа. Тез. докл. Делегатск. съезда Ботан. общ., Секц. флоры и растительности, вып. IV. Изд. АН СССР, Л.
- Бейдеман И. Н. 1957б. Наблюдения над изменением растительности берегов и заселением морского дна при отступании **Каспийского** моря. Тр. Ботан. инст. АН СССР сер. III, Геоботаника, вып. 11.
- Бейдеман И. Н. и А. С. Преображенский. 1957. Взаимообусловленность развития почв и растительности в Кура-Араксинской низменности. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. III, Геоботаника, вып. 11.
- Берг Л. С. 1938. Основы климатологии. Изд. 2-е. Учпедгиз, М.—Л.
- Благовещенский Э. Н. 1956. Растения индикаторы грунтовой воды в пустынях. Изв. Геогр. общ., т. 88, вып. 5.
- Близняк Е. В. 1952. Водные исследования. Речиздат, М.—Л.
- Близняк Е. В. и В. М. Никольский. 1946. Гидрология и водные иссле-

- дования. Речиздат, М.-Л.
- Богданов С. 1889. Отношение произрастающих семян к почвенной воде. Изв. Киевск. унив., т. 29, кн. 5—8.
- Варминг Е. 1901. Ойкологическая география растений. М.
- Васильев И. С. 1949. Опыт определения величины десукции древесной растительностью. Вопр. географии, вып. 13. Географгиз, М.
- Васильев И. С. 1950. Водный режим подзолистых почв. Сб. «Материалы по изучению водного режима почв». Изд. АН СССР, М.
- Великанов М. А. 1948. Гидрология сущи. Гидрометеоиздат, Л.
- Веригина К. В. 1954. Агрохимический анализ почв в лабораториях МТС. Изд. АН СССР, М.
- Вернадский В. И. 1936. История минералов земной коры. Т. II. История природных вод, ч. 1. ОНТИ, М.
- Викторов С. В. 1955. Использование геоботанического метода при геологических и гидрогеологических исследованиях. Изд. АН СССР, М.
- Вильямс В. Р. 1922. Естественно-научные основы луговодства, или луговедение. Изд. «Новая деревня», М.
- Вильямс В. Р. 1926. Почвоведение. Госиздат, М.-Л.
- Вильямс В. Р. 1947. Почвоведение. Сельхозгиз, М.—Л.
- Виноградов Б. В. и Е. В. Леонтьева. 1957. Использование аэрометодов для изучения растительности Северного Казахстана. Сб. «Материалы к использованию аэрометодов при изучении почв и растительности Сев. Казахстана». Изд. АН СССР, М.—Л.
- Влияние агротехнических и лесохозяйственных мероприятий на сток. 1957. Матер. семинара, вып. 1. Изд. Моск. гос. Унив., Геогр. фак., М.
- Воейков А. И. 1948. Климаты земного шара, в особенности России. Избр. соч., т. І. Изд. АН СССР., М.—Л.
- Востокова Е. А. 1952. Чиевники Западного Казахстана. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, Отд. биол., т. LVII, вып. 1.
- Востокова Е. А. 1953. Растительность как показатель геологических и гидрогеологических условий в пустынях и полупустынях в связи с их освоением. Автореферат дисс. Изд. Моск. гос. унив., М.
- Востокова Е. А. 1955. Применение геоботанического метода при гидрогеологических исследованиях в пустынях и полупустынях. Сб. «Геоботанические методы при геологических исследованиях». Госгеолтехиздат, М.
- Востокова Е. А. 1956. Геоботанические наблюдения при гидрогеологических исследованиях в Темирско-Актюбинском Приуралье. Сов. геология, сб. 56. М.
- Высоцкий Г. Н. 1899. Гидрологические и геобиологические наблюдения в Велико-Анадоле. Почвоведение, № 1—4.

- Высоцкий Г. Н. 1904. О взаимных соотношениях между лесной растительностью и влагой в южнорусских степях, ч. 1. СПб.
- Высоцкий Г. Н. 1911. О гидроклиматическом значении лесов для России. СПб.
- Высоцкий Г. Н. 1912. К вопросу о причинах усыхания лесных насаждений на степном черноземе. Тр. по лесн. опытн. делу, вып. 40. СПб.
- Высоцкий Г. Н. 1913. Бузулукский бор и его окрестности. Лесной журн., вып. 1—2.
- Высоцкий Г. Н. 1916. О степном лесоразведении и степном лесоустройстве. Докл., читанный в 1915 г. в засед. Лесн. отд. Киевск. общ. сельск. хоз. и с.-х. промышленности. Киев.
- Высоцкий Г. Н. 1933. Режим почвенной влажности, грунтовых вод и солей в степных и лесостепных почвогрунтах. Сб. «Водные богатства недр земли», вып. VI. Л.
- Высоцкий Г. Н. 1937. Водоразделы и увлажнение степей. Изд. ВАСХНИЛ, М.
- Высоцкий Г. Н. 1938. О водоохранном значении лесов. Лесное хозяйство, № 4 (10).
- Высоцкий Г. Н. 1950. Учение о влиянии леса на изменение среды его произрастания и на окружающее пространство. Гослесбумиздат, М.—Л.
- Высоцкий Г. Н. 1952. О гидрологическом и метеорологическом влиянии лесов. Гослесбумиздат, М.—Л.
- Галкина Е. А. 1937. Применение самолета при детальном изучении болот. Сб. «Применение самолета при геоботанических исследованиях». Изд. АН СССР, М.—Л.
- Галкина Е. А. 1948. Применение аэросъемки при изучении болотных массивов. Тр. II Всесоюзн. геогр. съезда, т. II. Географгиз, М.
- Галкина Е. А. 1949. Применение аэрофотосъемки при гидрографическом дешифрировании болот. Тр. Гос. гидролог. инст., вып. 13 (67).
- Галкина Е. А. 1953. Пути использования аэрофотосъемки в болотоведении. Ботан. журн., т. 38, № 6.
- Гармонов И. В. 1955. Карты грунтовых вод степных и лесостепных районов Европейской части СССР. Изд. АН СССР, М.
- Гарруа Жан-Поль. 1954. Африка умирающая земля. Изд. иностр. лит., М.
- Геоботанические методы при геологических исследованиях, 1955. C6. статей. Госгеолтехиздат, М.
- Гефер Г. и А. Н. Семихатов. 1925. Подземные воды и источники. ГИЗ, М.—Л.
- Голуш Б. М. 1954. О подвижности солей. Ботан. журн., т. 39, № 4.

- Гулати Н. Д. 1957. Орошение в разных странах мира. Изд. иностр. лит., М.
- Давыдов Л. К. 1947. Водоносность рек СССР. Гидрометеоиздат, Л.
- Данилин А. И. 1957. Применение ядерных излучений в гидрометеорологии. Гидрометеоиздат, Л.
- Дмитриев А. М. 1941. Луговодство с основами луговедения. Сельхозгиз, М.
- Докучаев В. В. 1951. Наши степи прежде и теперь. Соч., т. VI. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Долгов С. И. 1948. Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступность для растений. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Дохман Г. И., А. М. Якшина и О. В. Шахова. 1954. Об одном из методов изучения структуры фитоценоза. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, Отд. биол., т. LIX, вып. 2.
- Дубах А. Д. 1951. Лес как гидрологический фактор. Гослесбумиздат, М.
- Еленевский Р. А. 1927. Роль наноса в жизни поймы. Бюлл. почвоведения, № 3—4.
- Елененский Р. А. 1936. Вопросы изучения и освоения пойм. Изд. ВАСХНИЛ, М.
- Зайков Б. Д. 1946. Средний сток и его распределение в году на территории СССР. Тр. н.-исслед. учрежд. Гидрометслужбы, сер. 4, вып. 24. М.—Л.
- Захаров С. А. 1927. Курс почвоведения. Сельхозгиз, М.—Л.
- Знаменский А. А. 1938. Растительный покров и колебания уровня грунтовых вод. Почвоведение, № 9.
- Иванов К. Е. 1953. Гидрология болот. Гидрометеоиздат, Л.
- Иванов П. В. 1953. Быстрый метод определения влажности почвы. Почвоведение, № 3.
- Измаильский А. А. 1892. Степное сено или посев кормовых растений в поле. Земледельческая газета, № 7—10, СПб.
- Ильин В. С. 1930. Грунтовые воды. Больш. сов. энциклопедия, т. 19, изд. 1-е.
- Каменский Г. Н. 1947. Поиски и разведка подземных вод. Госгеолиздат, М.—Л.
- Каменский Г. Н. 1949. Зональность грунтовых вод и почвенно-географические зоны. Тр. Лабор, гидрогеолог. проблем, т. VI, М.—Л.
- Качинский Н. А. 1956. Почва, ее свойства и жизнь. Изд. АН СССР, М. Кесь А. С. и А. М. Семенова-Тян-Шанская. 1951. Формирование
- склонов овражно-эрозионного рельефа. Пробл. физ. геогр., XVII. М.
- Китредж Дж. 1951. Влияние леса на климат, почвы и водный режим. Изд. иностр. лит., М.

- Климентов П. П. 1955. Гидрогеология. Госгеолтехиздат, М.
- Костюкевич Н. И. 1949. Поверхностный сток на суглинистых почвах БССР в условиях леса и поля. Изв. Акад. наук БССР, № 4.
- Костяков А. Н. 1951. Основы мелиорации. Сельхозгиз, М.
- Крафтс А., X. Корриер и Қ. Стокинг. 1951. Вода и ее значение в жизни растений. Перев. с англ. Изд. иностр. лит., М.
- Ланге О. К. 1947. О зональном распределении грунтовых вод на территории СССР. Очерки по региональной гидрогеологии СССР, вып. 8 (12), Гидрометеоиздат, М.
- Ларин И. В. 1956. Луговодство и пастбищное хозяйство. Сельхозгиз, М.—Л.
- Лебедев А. Ф. 1936. Почвенные и грунтовые воды. Изд. АН СССР, М. Литвинов Л. С. 1937. О корневом сосании. Сб. н.-исслед. работ Пермск. с.-х. инст., т. VI. Пермь.
- Личков Б. Л. 1931. Изучение подземных вод в связи с задачами Единой гидрологической службы. Изв. Гос. гидролог. инст., вып. 34.
- Лобанов Н. В. 1925. Критическая для высших растений почвенная влажность. Научно-агроном. журн., т. 2, № 4.
- Лукичева А. Н. 1957. Қарта растительности масштаба 1:25 000 000. Больш. сов. энциклопедия, т. 50, СССР, Растительный мир.
- Львович М. И. 1938. Опыт классификации рек СССР. Тр. Гос. гидрологинст., вып. 6.
- Львович М. И. 1945. Элементы водного режима рек земного шара. Тр. н.-исслед. учрежд. Гидрометслужбы, сер. 4, вып. 18, Свердловск—Москва.
- Львович М. И. 1950. Элементы водного режима рек земного шара. Гидрометеоиздат, Л.
- Максимович Г. А. 1955. Химическая география вод суши. Географгиз, М.
- Манохина Л. А., И. В. Ларин и З. С. Акимцева. 1956. Влияние лиманного орошения на луговую, пустынную и степную растительность лимана Утиного. Сб. «Природа и кормовые особенности растительности лиманов». Изд. АН СССР, М.—Л.
- Молчанов А. А. 1952. Гидрологическая роль сосновых лесов на песчаных почвах. Изд. АН СССР, М.
- Молчанов А. А. 1953. Сосновый лес и влага. Изд. АН СССР, М.
- Надеждина М. В. 1956. Изучение травяного покрова склонов. Сб. «Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней». Изд. АН СССР, М.
- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. 1944. Вып. 6, ч. І. Гидрометеоиздат.
- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. 1945. Вып. 6, ч. II, разд. «Наблюдения на малых реках». Гидрометеоиздат.

- Наставление гидрометеорологическим станциям. 1952. Вып. 6, ч. II, Гидрометеоиздат, Л.
- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. 1955. Вып. 8. Гидрометеоиздат, Л.
- Наставление по гидрологическому рекогносцированию рек, озер и болот. Под ред. Я. Е. Джогана. 1942. Гидрометеоиздат.
- Никитин П. Д. 1941. Полезащитное лесоразведение. Глава 1. Агролесомелиорация. Гослесбумиздат, М.
- Овчинников А. М. 1955. Общая гидрогеология. Госгеолтехиздат, М.
- Отоцкий П. В. 1899. О влиянии лесов на грунтовые воды. Почвоведение, № 2.
- Отоцкий П. В. 1905. Грунтовые воды, их происхождение, жизнь и распределение. П. Грунтовые воды и леса, преимущественно на равнинах средних широт. СПб.
- Отоцкий П. В. 1914. Схема залегания грунтовых вод на равнине Европейской России. Прил. к русск. перев. кн. К. Кейльгак, разд. «Подземные воды и источники». СПб.
- Панков А. М. 1938. К вопросу о методах исследования почвенных эрозий. Сб. «Борьба с эрозией почв в СССР». Изд. АН СССР, М.—Л.
- Пельтон У. и Л. Уеббер. 1956. Влияние орошения и внесения минеральных удобрений на содержание протеина в пастбищных травах. Сб. «Использование и улучшение сенокосов и пастбищ». Изд. иностр. лит., М.
- Погребняк П. С., Г. М. Илькун и А. А. Солопко. 1957. Учет расхода влаги лесом по градиенту испаряемости. Докл. Акад. наук СССР, т. 113, № 2.
- Полтараус Б. В. 1956. Влияние сети полезащитных лесных полос на снегозадержание. Сб. «Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней». Изд. АН СССР. М.
- Поляков Б. В. 1946. Гидрологический анализ и расчеты. Гидрометеоиздат, Л.
- Попов И. В. 1951. Инженерная геология. Изд. геолог. лит., М.
- Попов В. Н. 1955. Организация и производство наблюдений за режимом подземных вод (инструктивные указания). Гидрометеоиздат, М.
- Поспелов А. М. 1948. Орошение способом дождевания. Сельхозгиз, М. Почвенная съемка. 1959. Руководство по полевым исследованиям и картированию почв. Изд. АН СССР, М.
- Преображенский А. С. 1957. Опыт изучения географии и топографии почв Северного Казахстана с использованием материалов аэрофотосъемки. Сб. «Материалы к использованию аэрометодов при изучении почв и растительности Сев. Казахстана». Изд. АН СССР,

- Приклонский В. А. 1937. Гидрологические исследования в ирригационных районах. Тр. Моск. геол.-развед. инст., т. VI.
- Приклонский В. А. 1946. Формирование грунтовых вод засушливых областей на примере Кура-Араксинской низменности. Изв. Акад. наук СССР, сер. геолог., № 4.
- Рассель Э. 1955. Почвенные условия и рост растений. Изд. иностр. лит., M.
- Рац И. И. 1938. Влажность почвы и расход влаги на десукцию корневыми системами древостоя в грабовом насаждении. Пробл. сов. почвоведения, сб. 6, М.
- Роде А. А. 1933. Опытная установка для определения величины испарения грунтовых вод и количества осадков, достигающих их уровня. Почвоведение, № 2.
- Роде А. А. 1952. Почвенная влага. Изд. АН СССР, М.
- Роде А. А. 1955а. Почвоведение. Гослесбумиздат, М.—Л.
- Роде А. А. 19556. Водные свойства почв и грунтов. Изд. АН СССР, М. Рутковский В. И. 1958. Влияние лесохозяйственных мероприятий на
- сток рек. Изв. Акад. наук СССР, сер. геогр., № 3. Сабиров М. С. 1950. Лиманное орошение в Казахстане. Казахск. гос.
- изд., Алма-Ата. Саваренский Ф. П. 1935, Гидрогеология. ОНТИ, М.
- Саваренский Ф. П. 1950. Избранные сочинения. Изд. АН СССР, М.
- Семенова-Тян-Шанская А. М. 1949. Растительность и оврагообразование. Тр. Юбил. сессии, посвящ 100-летию со дня рожд. В. В. Докучаева. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Семенова-Тян-Шанская А. М. 1951а. Динамика растительного покрова на меловых эродированных склонах в связи с проблемой их освоения. Тез. докл. делегатск. совещ. Всесоюзн. ботан. общ. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Семенова-Тян-Шанская А. М. 19516. Роль растительности в развитии эрозионных процессов на Приволжской возвышенности. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. III, Геоботаника, вып. 7.
- Семихатов А. Н. 1934. Подземные воды СССР, ч. 1. Горно-геологонефтян. изд., Л.
- Скородумов А. С. 1953. Влияние лесных полос на водный режим полей. Лесн. хозяйство, № 11.
- Смарагдов Д. Г. 1940. Роль леса в борьбе с мелководием рек. Тр. Всесоюзн. н.-исслед. инст. лесн. хоз., вып. 18. «Водоохранная роль леса».
- Смелов С. П. 1955. Введение. В кн.: Луговодство в поймах. Под ред. С. П. Смелова и Н. С. Конюшкова. Сельхозгиз, М.
- Соболев С. С. 1948. Развитие эрозионных процессов на территории

- Европейской части СССР и борьба с ними, т. І. Изд. АН СССР, M,— Π .
- Соколов А. А. 1952. Гидрогеография СССР. Гидрометеоиздат, Л. Соколовский Д. А. 1952. Речной сток. Гидрометеоиздат, Л.
- Справочник по мелиорации и гидротехнике. 1945, т. 3. Сельхозгиз, М. Степанов Н. Н. 1938. Лес как фактор защиты почв от эрозии. Сб.
- «Борьба с эрозией почв в СССР». Изд. АН СССР, М. Сулин В. Я. 1948. Гидрогеология нефтяных месторождений. Гостопте-
- хиздат, Л. Сус Н. И. 1949. Эрозия почвы и борьба с нею. Гослесбумиздат, М.
- Торн Д. и Х. Петерсон. 1952. Орошаемые земли. Изд. иностр. лит., М. Фальковский П. К. 1939. Круговорот влаги в природе под влиянием леса. Почвоведение, № 4.
- Федоровский Д. В. 1948. Зависимость коэффициента завядания от вида растений и осмотического давления почвенного раствора. Почвоведение, № 10.
- Федоровский Д. В. 1954. Методы определения некоторых физических и водных свойств почвы, применяемые при полевых и вегетационных опытах. Сб. «Агрохимические методы исследования почв». Изд. АН СССР, М.
- Ферсман А. Е. 1934—1939. Геохимия, тт. 1—4. Изд. 2-е. ОНТИ, Л. Форш Л. Ф. 1957. Испарение и транспирация в дельте Аму-Дарьи. Тр. Лабор. озеровед. АН СССР, т. IV.
- Францессон В. А. 1951. О почвенной влажности устойчивого завядания растений. Сов. агрономия, № 7.
- Харитонов Г. А. 1938. Лес как фактор защиты почвы от эрозии и приемы противоэрозийной мелиорации. Сб. «Борьба с эрозией». Гослесбумиздат, М.—Л.
- Хильми Г. Ф. 1950. О задержании лесами дождевых осадков. Изв. Акад. наук СССР, сер. геогр. и геофиз., т. XIV, № 5.
- Черкасов А. А. 1950. Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение. Изд. 3-е. Сельхозгиз, М.
- Черняк Г. Я. 1955. Методы определения естественной влажности и пористости песчаных грунтов. Информац. матер., № 7, Всесоюзн. н.-исслед. инст. водоснабж., канализ., гидротехн. сооружений и инженерн. гидрол., М.
- Чугунов Л. А. 1940. Луговодство. Сельхозгиз, Л.
- Шелаев А. Ф. 1950. Биологический дренаж. Изв. Акад. наук УзССР, № 3.
- Шелаев А. Ф. 1953. Биологический дренаж в борьбе с засолением почв в зоне Главного Туркменского канала. Хлопководство, № 1.
- Шенников А. П. 1941. Луговедение. Изд. Ленингр. гос. унив., Л.
- Bates C. G. 1924. Forest types in the central Rocky Mountains as

- affected by climate and soil. U. S. Dept. Agr. Bull., 1233.
- Briggs L. J. and H. L. Shantz. 1912. The wilting coefficient for different plants. U. S. Dept. Agr. Bur. Pl. Ind. Bull. 230.
- Henrici M. 1940. The transpiration of different plant associations in South Africa. Part I. Transpiration of Karroo bushes. Sci. Bull., 185, Dept. Agr. a. Forestry U. South Afr.
- Henrici M. 1946a. The transpiration of South African plant association. Sci. Bull., 247, Dept. Agr. a. Forestry U. South Afr.
- Henrici M. 1946b. The transpiration of South African plant associations. Part III. Indigenous and exotic trees in the Drakensberg area. Sci. Bull., 247, Dept. Agr. a. Forestry U. South Afr.
- Henrici M. 1946c. Transpiration of different plant associations in South Africa. Part IV. Parland, forest and sour mountain grassveld; large Karroo bushes. Sci. Bull., 244, Dept. Agr. a. Forestry U. South Afr.
- Henrici M. 1948. Transpiration of South African associations. Part II.

 Indigenous and exotic trees under semi-arid conditions. Sci. Bull,
 248, Dept. Agr. a. Forestry U. South Afr.
- Hopkins B., J. Skellam. 1954. A new method for determining the type of plant individuals. Ann. Bot., vol. 18, № 70.
- Horton R. E. 1923. Transpiration by forest trees. Monthly Weather Rev., v. 51.
- Lee C. H. 1942. Hydrology. In: O. E. Meinzer. Physics of Earth, ch. VIII a. IX. New York.
- Lemée G. 1953. Contribution a l'étude écologique de la végétation des confins Saharo-Marocains. Desert Reseurch, Jerusalem.
- Meinzer O. E. 1937. Plant as indicator of grount water. U. S. Geol. Surv., Water.-Supply Paper, 577.
- Robinson T. W. 1957. Phreatophytes. U. S. Geol. Surv., Water.-Supply Paper, 1423.
- Tison L. J. 1957. Hydrologie. Recherches sur la zone Aride-IX Dans: Guide des travaux de recherche sur la mise en valeur des régions Arides. Unesco.

論土壤形成因素和土壤过程

А. А. 查瓦里申(Завалишин)

(苏联科学院土壤博物館)

引言

土壤是植被的发育与之发生相互作用的最重要的环境要素之

大家知道,地植物学是完全建筑在植物和环境之間的生态关系的研究的基础上。土壤不仅是这一环境的重要成分,而且它具有这样的特性,研究了这些特性,就使我們有可能了解一定生态相互关系的形成过程,也就是植被組成及其在地表分布的現代規律的形成历史。

这是因为,按照 B. B. 道庫恰耶夫的說法,作为"景覌的一面 鏡子"的土壤,在它的結构和性质中好象結晶了同样影响到植物生 活的各种不同自然現象的作用。由于这个原因,土壤虽然只是植 被生活环境的主要成分之一,但根据土壤的研究,有可能获得关于 所有这些成分的相互作用性质的概念。

在土壤的性质之中有着或多或少稳定的部分。稳定特征的形成是在逐漸形成的自然綜合体的作用下而发生的长期过程。如果說土壤成分会逐漸地变为另外的成分,那么,这些土壤性质可能不是全部地改变,并且对土壤形成因素(包括植被的組成和特性在内)的变化而言有某种落后。这意味着:土壤在某种程度上是保守的自然体。但是,由于土壤在决定土体的成分的組成和性质方面,在它的剖面結构方面,是复杂的多相形成物(гетерогенное обра-30вание),在其中除了与土壤形成的世紀周期相联系的稳定特征,

有时是残遗特征之外,永远可以发現較不稳定的,在短期的物质轉 化和运动的現代周期影响下产生的进展特征。

因此,通过土壤分析,土壤发生剖面結构的研究,同时严格地 考虑周围地理环境的性质及其在該地方不同地点的变化,就有可 能判断当地土被的发育历史,从而在一定程度上判断植被的发育 及其演替的历史。

所以,从地植物学观点看来,土壤研究的意义在于:第一,根据与一定植物群落的或多或少长期作用相联系的土壤特征的研究,可以帮助追溯这一或那一地点的植被的发育历史;第二,土壤性质的研究有助于确定植物群落的这些或那些现代生态特性和闡明作为一定土壤条件的标志(指示体)的植被的各个代表的意义。最后,第三,土壤研究可以提供对植物生活环境的最重要成分之一10的客观評定。

对土壤变化考虑不足,尤其是完全忽視土壤学的研究,常常导致对植被的发育和演替規律作出錯誤的結論。在确定植物群落在时間上的演替順序时特別容易犯这样的錯誤,如果根据植物群落在空間上的一个或若干个系列的分析去研究植被一土壤綜合体的話。在这种情况下,沒有考虑到在一系列場合中制約于尚未被揭露的許多其它土壤形成因素(母质的、水化学状况的更替等等)的影响的土壤和植被变化的真实原因。

本文将試图討論土壤形成的某些基本問題和土壤 研究 方法, 研究植被时知道它們可能是有益的。

土壤形成因素

野外土壤研究的基本方法是 比 較-地 理 法 (сравнительногеографический метод),土壤的性质和結构以及与土壤相互作用 的所有地理环境要素的空間变化的共軛研究是这种方法 的 基础。

¹⁾ 指土壤而言 — 校者注。

研究了土壤性质和土壤剖面結构在不同的,严格地被考虑的地理条件下的变化,首先使我們有可能确定各种土壤特征与它們发育历史的这些或那些情况的相关关系,其次也可以揭露土壤性质对土壤形成的这些或那些因素的作用的依賴关系。当然,在这种情况下,要广泛利用物理学和化学所确定的物质运动和轉化規律的各种概念。大家都很知道,首先为科学土壤学的奠基人 B. B. 道庫恰耶夫所采用的,并以他所制定的基本原則为基础的这个方法,是认識无論全世界或是每个具体地区的土壤的形成和分布規律的最重要工具。

然而,就在土壤学产生的最初几年,比較地理法已为实驗室的和田間的实驗所补充了,而且,它們的意义在逐年增长。現在,尽管土壤形成过程的实驗室-实驗和定位-物候研究在加强发展,比較-地理法决沒有失去它的意义,而相反,由于保証揭露土壤形成及其与地理环境要素,也就是所謂土壤形成因素的联系的許多最重要規律的一系列相邻学科和土壤学本身的发展,这个方法在更有成效地被应用着。

我們的关于土壤这些或那些特征对一定自然因素作用的依賴 性的知識还远不够完备,因为这些依賴性随这些因素的不同結合 而改变。确定这些依賴性的主要困难是由于下列两点: 1)土壤形 成的任何自然因素的变化一定要引起其它共同对土壤起作用的因 素的变化;2)在地理环境要素的这种或那种配合下,每一个因素的 作用程度不同。

让我們較詳細地分析一下这两种情况。

大家都知道: B. B. 道庫恰耶夫曾經强調土壤对气候、植被、动物有机体、母岩、地形、地区的时間或年龄这些自然因素的依賴性。后来,潜水、地心引力和人类的經济活动也被建議列入这些因素之中。然而,象地心引力这样的因素是經常起作用的条件,因此,在研究土壤的空間变化时我們可以不去討論它。

当然,人类的經济活动对現代的土壤形成过程,对广大地域的 土被都有巨大的影响。这是不同等級(различный порядок)影响 的特殊綜合体。在其組成中上述土壤形成的这些或那些自然因素 作用的定向变化具有最大的意义。因此,只有懂得了土壤与土壤 自然形成因素的关系的机制,才能了解这种作用。

至于作为土壤形成特殊因素的潜水,那么,它們的特性首先在于:与B. B. 道庫恰耶夫划分的所有其它因素不同,它們不是对所有土壤都具有意义,而只是对处于近旁流水影响下的那些土壤才具有意义。按照这个观点,对于斜坡的地面坡积水和对于河漫滩土壤的河流冲积水都可以认为是土壤形成因素(Poдe, 1947)。作为土壤形成因素的流水的另一特性在于:它处于既直接地,也通过在該地方占优势的土壤形成过程,对它起作用的其它因素綜合体的极强烈影响之下。因此,只有研究了B. B. 道庫恰耶夫 所确定的一般土壤形成因素之后,才有可能弄清楚这一因素的影响。

B. B 道庫恰耶夫所确定的上列五个因素中的最后一个——地区的时間或年龄——应該特別地对待,不能与其它因素相提并論,因为其它每种因素都在时間上表現出自己的作用,而时間本身却不可能是独立存在的土壤形成因素。

至于前四个因素,那么,如大家所知,它們在自然界是相互作用,并因而形成一定的結合。在这些結合中,每一个因素可能只具有某种程度的独立性。然而,土壤形成的自然因素的相互制約性表現得很大相同,首先是或多或少地旣在空間上,也在时間上表現出来。

大家知道,气候是独立性最大的自然因素,但是,气候对植被、母岩和地形的独立性只是表現在自然地理綜合体,也就是地带和亚地带的分布的最一般規律方面,在这种地带和亚地带的形成中,气候起着决定性的作用。而相反,在每一个地带和亚地带内部,这一因素的变化非常紧密地联系,并且几乎完全从属于地形和植被的影响,也在某种程度上联系和从属于母岩的影响。

在上列的自然因素中,一方面气候与生活有机体,另一方面, 地形与母岩,形成了最密切的相互联系。

在分析各种因素对土壤形成过程的作用时, 极其重要的是区

分出它們对岩石上层物质的移动和轉化过程的直接影响和間接影响,这些影响就是土壤的形成过程和生活的实质。大家知道,因素的这种划分曾經为 Н. М. 西比尔采夫(Сибирцев, 1899),后来是 С. С. 湟鳥斯特魯耶夫(Неуструев, 1930),特別明确地表述出来。从 А. А. 罗德(Роде)的著作中可以找到对 С. С. 湟鳥斯特魯耶夫的表述的某些补充。

根据这些概念,直接影响应該被理解为,該土壤形成因素直接 改变作为土壤形成过程实质的能量或物质平衡或物质循环的动态 的那种作用。与此相适应,土壤形成因素的間接影响表現在籠罩 土壤的循环过程的平衡或动态的类似变化上,但只是通过其它因 素作用的改变而发生。

所有这些土壤形成的自然因素(时間除外)对土壤既有直接的作用,又有間接的作用。在第一种情况下,它們起着因素的作用,而在第二种情况下,最好把它們当作土壤形成条件。

A. A. 罗德(Роде,1947) 會經提出过"土壤形成因素"概念的 定义。按照他的意見,土壤形成因素应該是这样的自然現象,这种 現象是参加到土壤形成过程的、直接起作用的物质和能量源。

关于"土壤形成条件"这个概念的定义情形就比較复杂了。最简单的办法似乎是把通过任何其它作用于土壤的自然現象参加到物质和能量交換的那种現象叫做土壤形成条件。然而,这个定义不适合于地形这个地理綜合体的重要成分。地形的作用是完全特殊的。如果談論的是地表性质或多或少均一的地段,就不能說到地形对土壤影响。在这种情况下,地形对土壤形成过程的意义类似于地理位置的意义。但是,只要我們一涉及到研究具有不同地形形态的这个或那个地方的土被的必要性时,馬上就表現出地形在土壤的空間变异性中的极重要作用。然而,地形的作用永远是消极的,因为海拔、坡度、坡向或地表切割程度的变化主要只是引起近地空气层气候,地表水和土壤-土质水分状况的改变。

不同的自然現象可能有时在很大程度上,有时在頗小程度上 是土壤形成的因素,相应地,可能在有时大有时小的程度上是土壤 形成的条件。

在 B. B. 道庫恰耶夫所分出的前四个因 素中,应該认为地形是最小的土壤形成因素和最大的土壤形成条件。相反,必須承认植被及其伴生的微生物和动物是最大程度的因素。因此,应該强調生物因素不論在土壤的最初形成过程,或是在以后不断进行的土壤过程中的特殊意义。正因为如此,无怪乎常常从許多土壤学家那里听到这样的論断:生物因素是土壤形成过程的基本的,主导的因素,而綜合体的其它成分只有从属的意义。

这个論断需要加以解释。

当然,应該认为植被、微生物以及与土壤相联系的整个生物綜合体是土壤形成过程的主导因素。一部分有机体钻入土壤深处并且是土体不可分割的部分,这与上述毫不矛盾。有机体并不因为这点就失去它們的独立性质,而它們周围的土壤仍然是它們的生活环境。

生物在土壤过程中的主导意义不仅是由于,任何一种土壤都不可能在沒有生物的作用下形成。大家知道,土壤也不可能在沒有 B. B. 道庫恰耶夫所指出的其它自然現象的参加下形成。但是,有机体是最直接和最积极的土壤形成因素——能量的集中者和轉化者,同时是其它自然因素对土壤的直接作用的极其有效的改造者。

因此,生物因素不仅是最积极的土壤因素,而且它在一定情况 下也能对土壤中物质的移动和轉化起非常强烈的間接影响。

同时,虽然植被和整个生活有机体的綜合体在大多数情况下制約着土壤形成过程的最重要組成部分——生物循环,但植物的分布和它們的生命活动性质却又依賴于其它因素,这就是:依賴于地形及其发育历史,依賴于母质的組成和性质以及依賴于气候的地方性变化。因此,在我們所观察到的土壤的空間变化中,地形和母质所起的作用,并不亚于生物,甚至在这些变化直接取决定生物循环的不同效果时也是如此。

由此可見,有必要区分这些或那些土壤形成因素的作用性质。

例如,达到某种程度的地形变化就要通过植被(和与植被相联系的 微生物)的更替而在土壤中反映出来,并且,在(例如,盆地深度、斜坡的陡度和朝向等等)变化程度进一步增大时,才开始其它因素对土壤作用的重大改变。因而,在这种情况下,我們可以把上述地形变化的第一阶段看成土壤形成的一定条件,这时整个地域的植被仍然是主导的土壤形成因素。可是,在地形变化的第二个阶段,植被就可能失去它在土壤形成过程中的主导作用,而流动潜水或近地空气层的水-热状况的影响占居着首要地位(从土壤特征改变的观点来看)。地形在这一地域还是土壤形成过程的一定条件。

同样,可以确定下垫成土母质的成分和性质的变化影响土壤的不同情况。到一定时候为止这种影响可能主要表現在改变生物循环的特点上(例如,在1.5—2.0米深处的成土母质中出現碳酸盐,只有深根系植物的个别根达到这个深度时),然后才直接影响土体和土壤溶液矿物成分的变化。

可見,这里,在母质变化的第一个阶段它的作用主要是归結于 决定土壤形成的条件,而植被仍然是主导的,它决定在土壤上层的 土壤形成过程产物的或多或少强烈的生物性积累。但是,在母质 的成分和性质的变化接近于地表的地方,这种变化不仅成了一定 的土壤形成条件,而且成了很重要的、新的、直接起作用的土壤形 成过程变化的(直接)因素。

就是根据这些土壤形成因素和条件的作用的改变程度和性质,使我們有可能通过不同土壤系列的比較研究,确定土壤的这些或那些特征与一定自然現象的联系。綜合位于不同地表部位的、在不同植被下的、在不同母质上的等等的土壤研究成果,依次排除这些或那些因素的影响以便确定它們的比重和最終地划分出在該因素条件下最重要的因素,即可达到上述目的。但应永远注意,用这样的方法所确定的所有原理都是极其近似的,因为土壤的任何一种特征都不是决定于某一个因素,而永远是許多自然 現象相互作用的結果。随着观察次数的增多,这些結論的正确性也加大。

然而,在这种情况下,不必要力求找到完全相同的一对土壤剖

面或土壤剖面系列。相反,在順次近似地有时排除这个,有时排除那个因素(例如,在研究一系列由不同組成的,但处于相近地形条件下的土壤剖面时的排除地形因素,研究从地表开始就由或多或少一致的岩石組成的不同地形部位上的土壤系列时的排除母质因素)的情况下,土壤植被的变种研究得愈多,就愈能較全面地了解土壤形成过程的地方特性,因此也愈能較全面地了解土壤和植被的相互作用。为此,注意研究土壤的过渡性变种(即使它們就所占面积而言沒有什么实际意义而且也不能在图上表示出来)也同样十分重要。它可帮助我們确定所研究的土壤和它們的复盖之間的发生学关系,并且易于了解作为当地特征的总的物质循环。

为了弄清楚每一种因素在地理环境全部其它要素的这种或那种結合下对土壤产生不同程度作用的原因,必須詳細談談生物因素的作用。

上面已經指出了生物循环对土壤的直接作用的意义。但必須 注意到,在这个或那个其它因素的性质具有特殊强度的地方,生物 因素的直接影响就可能退居第二位。与此同时,植物 和整个土壤 有机体的总体由于能在土壤之上造成一定的气候,并且 作用于地 形发育过程,所以也可以对土被的形成产生极其强烈的間接影响。

应該认为,生物因素的第二个很重要的特性是它的影响 的极 其多方面,也就是說,在不同环境条件下表現出时而这样时而那样 的作用方式的,通过不同的途径創造土壤的能力。

現在来分析一下土壤形成过程中生物因素作用的所有这些特性的若干例子。

作为第一种情况的例子,可以指出下列众所周知的现象,在貧 精或肥沃的母质上的土壤形成过程中,一方面 由于植被組成的变 化;另一方面由于被植物吸收参加循环的物质数量的变化,生物循 环也发生变化。母质愈肥沃,在其它条件相近时,参加循环的物质 也就愈多。由于这个原因,所产生的土壤形成 过程性质的差异将 在每一个个别情况下直接制約于生物因素,不过,是由母质成分和 性质的变化所引起。 关于其它因素——气候和地形——的作用,也可举出同样的例子。上面在討論各种因素的主导或决定作用时,我 們已經涉及了这点。

至于第二种現象,可以許多盐漬化土壤的形成过程为例,虽然它們的性质主要与純粹的物理或物理-化学过程有联系,只是在很小的程度上制約于植被或微生物的影响。生物因素在这里幷未失去它的意义,但它的作用已是比較間接的,即通过其它因素(如潜水的成分或地面空气的水分-热量状况)表現出来。在植被很少参加下的土壤形成过程的另一个例子是北极土壤的形成,那里,在冻結的影响下有显明表現的物质移动現象,在作用层范围內有水的周期性季节冻結和解冻的作用特征,有盐分在接近地表处的积聚等等。

在所有这些情况下,任何一个自然因素(除生物因素外):气候、母质性质、潜水成分和埋藏深度,都具有这样的强度,在这种强度下植被和其它有机体对土壤的直接作用由于它們的生活特性而显著地减少。由此可以解释上述的一个情况:即在不同的地理条件下,每一种因素对土壤的影响以不同程度表現出来,也就是說,它可能或多或少地引起土壤特征的对比明显的更替。例如,同样大小的地面傾斜或坡向的变化在一个地方可能只对土壤的个别性质表現出微小的影响(影响碳酸盐的淋溶性程度、土壤最表面的土壤溶液反应、腐殖质的含量等等),但在另一个地方,这种变化就将引起土壤新的、质的特征的出现,并且表现在土类特征的改变上。

作为土壤形成因素的生物有机体,首先是植被和 微生物的性质特征,是不同地理条件下同一因素对土壤的作用的这些 差 异的基础。

必須注意,在这些或那些土壤形成因素或条件的作 用非 常微小地变动的情况下,当这些变化接近于与土壤相联 系 的一定生活有机体群的生命活动的临界范围时,我們观察到土壤性质的 显著改变。在土壤湿潤程度变动到或者接近水分的吸收性下限,或者接近沼泽化的边緣时,最常发生这样的改变,当然,这些变动的表

現可能是极其多种多样的:可能具有不同的持續时間,可能在生长期間或者較迟或者較早地开始,可能符合于溫度状况的一定情况,以及与一般气候条件和地方性的地貌条件相联系。 水分-热量 状况变体的多样性也相应于对土壤起不同作用的,具有不同的一套生活型的植物群落的某种更替。

在具有不同坡向山坡的强烈切割的山区,特別是在一定的垂直带,那里的水分-热量状况已接近于不同植物群落类型的临界值,有些地方可以看到对照非常明显的土壤組合。这时在一些情况下观察到阳坡(例如在森林草原带)的变化具有較重要的意义;在另一些情况下,迎风坡的变化(例如在森林东原带)具有較重要的意义(Фридлянд, 1951)。在所有这些情况下,土壤性质中最重要的差异是制約于植被的更替。而由于这个原因也制約于植物残体分解的性质和强度。

当然,不能否认,在一定的变化范围内,其它因素 也能对土壤 特征的空間变异性产生重大的影响。作为例子,可以指 出当降水 和水面蒸发的比值接近于1时气候状况变化的意义。在这样的地 段,地方性的地形条件或岩石成分的微小变化也可促进,例如碳 酸鈣和土壤形成过程的其它可移动产物,在土壤中积聚或从土 壤 中淋走。但不能忘記:这一現象在每一个該土壤中还 极大程度地 依賴于植被的組成和生命活动,因为正是在这种气候变化的 范围 內,植被在确定土壤的这种或那种水分状况方面具 有 决定性的意 义。

在苏联欧洲部分东南部土壤复域形成过程的描述中可以看到 植被影响土壤形成过程的很鮮明的例証 (Иванова и Фридлянд, 1954)

土壤复域是小范围內土被不一致性的典型表現之一。不一致性可以分为三种:斑点性、复域性和組合。

E. Н. 依万諾娃(Иванова) 所称的斑点性(пятнистость) 是这样一种土被的不一致性,在这种不一致性的情况下,在短距离为土壤特征的变化不超出土种范围内这些特征变化幅度的范围,同时变化的界綫不清楚,而相反,是十分模糊的。

复域性 (комплексность) 乃是彼此間界綫非常明显的,不同 土类或亚类的,也就是具有质的特性的土壤小斑点的相互交替。土 壤复域的特点是在复域的各个成分之間存在着密切的 发生 学 联 系:在复域中,各个成分是在自己发育方面相互制約的。复域中各 个土壤的面积很小,因此,从經济的观点上看,应把每一个复域当 作一个整体。

土壤的复域性与植被、潜水的成分和状况的复合性,而在大多数情况下与微地形,都共軛相关。

在土壤复域的形成过程中,植物群聚之間的界綫或多或少显著地区分出来,也象不同土壤——該复域的成分之間的界綫一样。

与此相反,在斑点性的情况下,在具有或多或少斑点的一个土种所占的地域范围內,植被組成沒有重大的差别。斑点的形成,也就是土壤各个特征的变化常常甚至是互不相关的,而可能是不同因素影响的結果。有时,在森林中大树干附近,或在腐烂树桩的周围,或在互砾近旁,而有时也在完全一致的植被下,都可直接观察到斑点。应該承认,土壤的斑点性还研究得很少。在个别情况下,很清楚地看到斑点与复域的联系。

土被的第三种不一致性——組合(сочетание),这是适应于不同中地形部位的或多或少小块的土壤地域单位的总合。每一个这样的单位本身在一定程度上具有独立的发育历史,并且在經济方面是一个特殊的单元。各个組合之間的发生学联系可能在个别情况下发生(例如,中泰加沙壠地段范围內沙质弱灰化土与泥炭一赭石潜育土的組合,南泰加碳酸盐冰碛丘陵区生草一灰化土与暗色生

草潜育土的組合等等),但幷不一定。

E. H. 伊万諾娃和 B. M. 弗利德梁德在描述土壤复域的形成过程时着重指出:植被是决定复域的因素。他們写道:"复域出現在这样的地方,那里形成了最复杂的群落生境,以致不能产生一致的,发育得好的植被"。

但是从作者們的这个断言和进一步的描述中可以得出結論: 植被的作用在复域形成过程中可能是主导的,不过,产生植被不一 致性的第一个推动力,也就是复杂生境的最初形成,是制約于其它 的因素:成土母质的成分和性质或者微地形的雛形。因此,在这种 情况下,也象土壤組合的形成过程一样,具有主导意义的不是生物 因素,但在以后,当土壤剖面在植被的积极影响下发育时,生物 因 素的作用就逐漸增加了。同时在这一阶段,在复域形成和发育情 况下,植物群落的直接影响方面与它們的积极作用的减弱和对土 壤性质变化的适应方面相互結合着(或交替着)。

E. H. 伊万諾娃和 B. M. 弗利德梁德在干旱草原地带对土 壤复域的演化所进行的观察非常重要。他們在追溯从水下露出的原生平原地面,也就是河漫滩上或干涸湖泊沿岸的土被变化过程时,曾經确定了植被和土壤复域形成过程的四个基本阶段;草甸阶段、盐土阶段、草甸-草原阶段和草原阶段。按照它們的意見,决定上述各阶段在时間上的演替的因素是地形的发育和与地形相联系的該地面水分状况的变化。植被的整个演替系列和土壤变化的全部循环都取决于河漫滩阶地露出水面的速度,取决于洪水情况的变化和潜水位的降低。复域的形成过程也与这些現象相联系,然而,在每一个一定的发育阶段它已經从属于自己的規律了。

第一阶段——草甸阶段——其特点是植被和土被的最大一致性,虽然植被在局部地方可以看到显著的分化。同时,年青冲积平原上的土被的一致性依賴于冲积物——土壤母质——的一致以及稳定的水分和盐分状况。在大多数情况下,由于制約于周期性的洪水和潜水的流动性的比較强烈的水分交换,在草甸阶地上形成了对于植被的发育比較有利的环境,而在湿度或盐分浓度方面的

临界点尚未出現。当然,在河漫滩表面的这些或那些部分,蓄水条件和盐分状况可能改变,而这就决定了組成略为不同的植物群落的出現和植被的杂色性的形成。但在土壤中,这种杂色性还 反映得不明显,在大多数情况下,只是在个别的、較易改变的特性中有所表現。

第二个阶段——盐土阶段,特征是:植被对土壤形成过程的直接影响减弱,土壤的植被覆盖程度有頗大的分化,土被表現出清楚的斑点性。这种主要制約于最初氾水-堆积的微地形的斑点性,乃是复域性发育和次生微地形形成的萌芽。在这种情况下,植被的影响主要归結于蓄水条件和盐漬化过程的变化。但是,这些变化可能在复域的进一步演化过程中具有最重要的意义。

第三个阶段——草甸—草原阶段,植被和土壤都具有最大的不一致性,而且,这种不一致性具有复域性的典型性质:具有不同土壤結构的地段之間的界綫已非常明显,土壤本身具有比較稳定的和对照非常鮮明的特征,一致性土壤的分布面积縮小。在这一阶段,土层的湿潤主要靠大气水,但与潜水的联系沒有完全停止。

土壤性质和結构的显著差別在这里主要是由于不同地段土层的股盐-盐漬化过程的不一致,后者又是因为土壤在前一阶段所积聚的盐分数量不同、潜水盐类成分的不一致、微地形的发育(次生潜蝕-沉陷微地形在原生氾水-堆积微地形上的迭置)和以最强烈的程度影响土壤的湿潤程度和湿潤性质的植被的相应分布。在这一阶段,生物因素的作用增加。在开始阶段,植被对土壤的水分-热量状况,从而对盐分状况的影响仍然具有决定性的意义,但往后,生物循环、碳素化合物、灰分元素和氮素对土壤结构和性质的直接影响愈来愈大。

第四阶段,这个系列的最后阶段——草原阶段,其特征是植被和土被的不一致性总的减弱,特别是与上一阶段比較起来。但在古冲积平原面发育的这一阶段,产生了新的、土壤-植被不一致性的型式,然而,这种型式的形成过程在一定程度上是决定于該地面形成的过去历史。这种新的,已經是草原的、植被和土壤的复域与

潜水沒有联系,它們是按照經常性和暫时性水流的加深程度以及新型式侵蝕地形的形成而产生的。因此,在长丘斜坡上和在冲沟沿岸低洼地中,残积性的盐分堆积接近地表,地表水可达到它們的高度。其結果是发生盐分的移动,植被的重新分布和新的复域的形成¹⁾。

根据不同作者(Розмахов,1940; Иванова и Фридлянд,1954) 的描述判断,草原复域的形成途径是不同的,但是,几乎它們全部都可以被看作是在草甸平原上干旱草原地面形成的以前历史的回声。在这个阶段的植被是在新的情况下或多或少地重复着它在冲积平原的地形和水分-盐分状况变化的比較早期阶段的复域形成过程中所起的作用。在这里我們也可看出:植被重新分布和土壤形成过程分异的最初动力是决定于地形的发育和母质(或老土壤)的成分。这一过程的方向与該地面从前一阶段承袭下来的特点有着密切的联系。草原复域本身的进一步形成过程已經是在植被的强烈影响下进行,这时的植被虽然能促进水分-热量状况的局部变化,但与制約于气候状况、地表性质和母质成分的水分和盐分移动过程总是处于复杂的相互作用之中。

然而,植被导致土被分异的这种作用只应該看作是古冲积平 原上土被形成总的历史中的一个阶段。在这一阶段,生物因素作 用的更一般的和更特征的方向是它对于土壤在脱盐、脱碱等方面 的直接的积极的影响,同时最后結果使地域轉变为地带性土类占 优势的、相当一致的地域。

我們已一般地分析了各种土壤形成因素的相互作用, 并以干旱草原地带冲积平原土被的形成为例, 特别討論了生物因素的作用。类似的,但阶段的順序有某些改变(沒有草甸-草原阶段)的土被发育途径也为荒漠地带所固有(Ковда, 1954)。

我們从 T. И.波波夫 (Ποποв) 和其它研究者所描述的森林草原地带排水不良的平原上的土被发育过程中,也可看到大致如此

¹⁾ 早在 И. М. 克拉謝宁尼科夫 (Крашенинников, 1922) 就描写了土壤-植被在草原河谷的这一形成过程。

的,土壤形成因素和条件作用的更替的总图景。

在四十多年以前发表的 T. H. 波波夫的一篇优秀 著作 中也順便提出了这样的意見:"由于洼地土壤的逐渐变化,它們的植被也发生变化,同时,在草甸型式和沼泽型式之中,出現了灌木柳和,最后,山楊在其中定居的可能性。仅仅从这时起,无机界因素的优势作用才退居第二位,而植被則开始起着主要的作用,它改变周围环境(小气候和土壤),引起本身的变化,并导致洼地向山楊灌丛阶段演化"(Ποποв, 1914;171)。

总之,上述例子使人信服:生物因素在土壤性质和結构的形成中和在土被空間变异中的作用是在与其它土壤形成因素相互作用的过程中不断变化的。这一因素对土壤形成过程的作用性质本身也发生变化。当然,在象植物和其它有机体对土壤的作用的这样复杂而多方面的現象中,要区分出直接影响和間接影响是很困难的。但也不能不看到这一过程的不同特性,它的各个組成部分都能有时在較大,有时在較小的程度上起作用。在土壤形成过程的起初阶段,土壤发育的方向远不是永远取决于生物因素,而在以后,它的作为土壤形成过程中的主导因素的积极作用也可能在其它自然现象的压迫下而暫时削弱。

土被的最复杂的杂色性是它的复域性,在这种复域性的形成 过程中具有决定性意义的是植被与其它創造暫时的,接近于这些 或那些有机体类群生命活动的临界点条件的自然因素之間的复杂 相互作用。在我們所举的例子中,它是在地形向着侵蝕基准降低 这个总方向发展的情况下,原生土被形成的一定的和比較早期的 阶段的特征。

根据我們的观察,在苏联欧洲部分森林地带的西北部和中央部分,象土壤斑点性这样的现象也与土被和成土母质的比較年青相联系。当地形向切割方向发育时,在較古地形发育和母岩风化較强烈的地区,这种现象就削弱。这是完全可以理解的,因为在这种条件下,植被一定逐漸地以自己的积极影响使土壤中因生物因素和母质的相互作用的局部特性而造成的个别性质的細小空間差

异趋于消灭。

因此,在土被的形成过程中,生物因素的作用既按本身內部的性质改变(也就是对土壤影响的不同方面),也按与其它土壤形成因素的相互作用的特性改变,而在某些条件下,一般的說,可能暫时退居次要地位。正是在这些时候,土被的杂色性可能变得特别明显。然而,这时植被通过小气候和土壤水分-热量状况的变化对复域形成过程的間接影响仍然可能十分重要。冻原地带复域的形成就是一个例子。在那里,各个苔蘚和小灌木丛下面的热量状况显著不同于裸露斑点的热量状况,其結果,冻結不是同时发生,并且出現隆起的小丘。

最后,还应該簡单地談談两个問題。

談到关于植物群落以一定方向强烈地改变它們与之处于相互作用的整个环境时,也就是談到我們称之为植物群聚对土壤形成过程的間接影响时,我們必須强調,許多群落能稳定地保持一定的土壤形成方向,甚至在其它某一个土壤形成因素,如同气候,发生变化的情况下也是如此。換句話說,在一定条件下在与周围地理环境长期相互作用的过程中而发育起来的某些植物群聚,好象具有抵抗在植被一土壤一母质綜合体內部已經确定的关系发生改变的能力。例如,俄罗斯平原闊叶林亚地带森林植被对土壤形成过程的影响就是这样。虽然在人类活动的强烈影响之下,現代的气候和水文地质条件已經不能促进森林在此亚地带的扩大分布和土壤灰化过程的发育,但在保存下来的大片森林地段,作为或多或少强烈灰化土壤的特征的生物循环和各种条件的整个綜合体还可稳固地保持。而在森林砍伐之后,正是在这些地方可能观察到特别鲜明的土壤改造現象。

当我們在加里宁格勒州工作时,會經在森林地带的西部观察 到次生的,非常显著的土壤改造的类似过程,在那里,保存下来的 森林地段出現具有很高的酸度的和未飽和的不厚聚积 层 的生草— 强灰化土,但在幷排的无林地段上的草甸植被下,同样母质上的 土壤却是次生飽和的生草—潜育土,有灰化层的微弱残余和比較厚 的腐殖质。显明表現的土壤改造过程在这里是由于有利于森林植被和草甸草类的气候条件,当地水分状况的性质以及母质的成分。

問題在于,丰沛的大气降水和地形的微弱切割程度有助于在土层中較长期地保持引起土壤潜育化的自由水,而含丰富碳酸鈣 侵入体的母质在适当的条件下能够刺激生草过程,并直接参加次生鈣飽和的有机-矿质綜合体在土体組成中的形成。但在已形成的老林地段,所有这些現象都被占优势的灰化形成过程所抑制,而它們在草甸草本植被下的空曠地段則强烈地表現出来,引起显著表現的土壤次生变化(Завалишин, 1954;Завалишин и Надеждин, 1957)。

还应該补充一点,在泰加林地带的中部或东部地区的无林的和改造成为草甸的地段,在大多数情况下沒有观察到森林灰化土的結构和性质的重大变化,只有在强烈含碳酸盐或石膏母质分布的某些地方,森林植被消灭后的空曠地段也能出现次生腐殖质碳酸盐土在灰化土地点的形成。位于中泰加亚地带的阿尔汉格尔斯克州的若干从很久以前就为人知的农业区域,土被正是具有这样的性质¹⁾。

可見,植被的或多或少类似的变化在不同条件下,在土壤性质和結构变化方面得到完全不同的反映。有些植物群聚,例如暗針叶林,可以如此强烈地改变整个生活环境和对下垫母岩产生这样强烈的影响,以致象气候或成土母质和下垫岩石这些其它因素的变化在一定程度上几乎完全被掩盖了。

主要土壤过程和土壤剖面

土壤形成过程的条件和因素的研究只是土壤研究的 一个方面。另一个方面是仔細分析土壤本身的性质和結构。这种分析是

¹⁾ 关于阿尔汉格尔斯克州碳酸盐母质上灰化土的次生改造过程是 A. A. 汉图列 夫(Хантулев)告訴我們的,他研究和观察过該州某些地区的土被。

从土壤剖面的描述开始1)。

土壤剖面可以看作是土壤发育的年鑑,但必須学会閱讀这部 年鑑,即正确地解释土壤的这些或那些特征,确定它們在一定自然 因素的影响下的形成历史和机制。

根据一个土壤剖面的研究,要揭露这种或那种土壤发育的全部复杂历史和确定它的所有性质对一切土壤形成因素(在它們的整个作用时期)的依賴关系,那是永远办不到的。为此,必須研究許多土壤剖面,并且查明,土壤的这些或那些特征的变化是由于哪些自然現象引起的和如何变化的。因此,土壤学家为了解释某一种土壤的发生学特性,常常需要研究一系列的,經常是离該种土壤很远的不同土壤,这是不足奇怪的。但是,知道了土壤形成过程的一般規律和詳細地研究了土壤的各种特征,将它們互相进行对比,就是根据每一个土壤剖面的分析,也可作出許多重要結論。

当然,土壤形成因素对当地一定土壤性质的作用特点研究得 愈好,那么这种分析将愈有成效。就是說,必須将每一个土壤剖面 的結构和性质的深入研究与反映土壤形成因素的多种多样变型的 許多剖面的土壤結构和性质变化的对比結合起来。但是,就是这 点,对于揭露土壤形成过程的全部地方性特征还是不够的。

对土壤各种性质在不同时間的变化进行观察,同时严格考虑植被各个成分的生长、发育和衰亡的动态、微生物的活动、温度和气体状况、水分的收入和支出,那么对土壤形成过程的认識可以提供許多有价值的資料。目前,正广泛地开展着在土壤性质和結构比較一致的一定地段上的,包括土层中物质运动和轉化的昼夜循环、季节循环和各年間循环(土壤状况)的这样的观测,其結果是愈来愈加深了我們的关于土壤生产力的概念,并揭露了土壤与植被的相互作用的各个方面。但必須考虑到,这种性质的定位观察所能揭露的仅仅是現代土壤形成过程的情况,而不能揭露該土壤形成的全部历史,因为土壤的某些性质可能是在自然条件的結合情

¹⁾ 我們在此不准备引述土壤剖面描述的例子,也不討論土壤形态特征的鑑定,因为 所有这些在任何一本土壤学教科书中都可以找到。

况与目前所观察到的很不相同的时候承袭下来的。

此外,在一个不大地段的观察所得出的全部結論可能只对于 該地段具有意义,因为它們所代表的只是一定的自然因素結合下 的土壤形成过程。因此,如果只有定位观察一种方法,不管它多么 全面地联系天气的节律和植物及一切土壤大型生物和微生物的生 活来揭露土壤性质的动态,但却不能闡明当地土壤—植被綜合体发 育的全部历史。它还要求对土壤剖面进行补充分析和用比較—地理 法来研究土被。

研究土壤剖面时,首先必須确定以其总体組成土壤形成过程的那些基本的、最重要的和最普遍的現象。土壤形成过程的这种分析(把它分为若干基本組成部分)是了解土壤发育历史的很重要的方法。沒有它,就不能确定土壤与这些或那些土壤形成因素、首先是与植被的相互联系。

我們应該将下列現象列入土壤形成过程的基本組成部分,它 們之中每一个在一定程度上都是导致形成一定剖面的独立过程。

- 1. 有机物质、有机-矿物化合物和矿物化合物形式的化合态 氦和灰分元素的生物积聚。
- 2. 变质,即母质矿物結构的改組。有些作者 (Герасимов, 1950; Розанов, 1951)把这一过程叫作"粘化現象"(оглинивание), 这是根据下列原因:其結果能在土壤中积聚高度分散的加入粘土組成中的无机化合物。但是,我們认为这样的概括是不正确的,因为这些或那些矿物原始构造的全部破坏也属于該現象的范畴。
- 3. 土壤形成过程产物的搬运或轉移(最常在水环境中),其結果是使土体的这些或那些成分在土壤剖面的这一或那一部分流失或积聚;这一現象可以称为残积-淀积过程 (элювиально-иллювиальный процесс)。

土壤形成过程的这三个基本类别的每一个都是一些或多或少单一的物质轉化和移动过程的复杂总合。例如,生物积聚一方面包括生活有机体(主要是植物)堆积有机物质和大气中的氮化物以及以或多或少分散状态处于母质层中的化学元素,另一方面包括

不难理解,就有机物质和有机-矿物质的堆积强度与它們的分解速度及分解过程本身性质的結合情况而言,就堆积过程的其它特性(堆积物质的成分,它們进入土壤的性质等等)而言,生物积聚可以表現为不同形式。例如,黑土中堆积层的形成可以看作是生物积聚的形式之一;在生草型土壤中这一过程则表現为另一种形式,而在灰化土中表現为第三种形式等等。

土壤形成过程的第二个大要素——母质矿物的变质,也就是通常不成功地以"风化作用"术語所概括的那些現象的总体,也是由土壤中无机化合物轉化的一系列比較簡单的过程所組成。但对我們来說,現在重要的不是划分变质的各个阶段,而是区分作为土壤形成过程若干不同类型的特征的变质的形式。这些形式包括灰化过程、潜育化过程、粘化过程和紅壤化过程。

最后,在土壤形成过程产物的轉移方面也可看到不同現象总体的一系列情况,但就在这里对我們来說最重要的是指出两个主要的和在土壤形成过程中意义很不相同(虽然就理化性质而言常常也很相似)的形式:1)残积过程——土壤形成过程的流动性产物通过透过土壤的下降(或侧向)水流而流失,——通常伴随着淀积层的形成,也就是部分流失的物质沉积在土层的一定带;2)随上升水流由水溶液进入土壤的这些或那些物质的堆积。

必須指出,土层中这些或那些物质被下降水流带走或从上升水流中沉淀出来通常是存在于同一个土壤中,但出現在不同季节(例如,黑土中碳酸盐的淋溶和向上迁移,盐土中的盐漬化-脫盐化过程等等)。然而,重要的是要区分該土壤形成过程产物在土层中的轉移和从侧面进入的物质在土壤中的积聚——也就是从对該土壤而言占据着較高地形部位的周围母质和土壤带来的物质的积聚。在現象的最后一个类別中土壤的盐漬化和矿化(оруденение) 这类过程具有最重要的意义。

上述土壤形成过程的每一个組成部分都在或大或小的程度上 反映了全部土壤形成因素的作用。例如,不能設想,生物因素的作用局限于被我們称之为"生物积聚"的那种現象的总体。我們很清楚,不論在母质矿物的变质方面或在不同物质在土壤中集中和从土壤中淋溶方面,能够根本改变水溶液的理化性质和土壤空气成分的植被和土壤微生物起着很重要的作用。

母质的性质,或者气候状况也完全是这样,它們在一定类别的 土壤形成过程中得到了最大的反映, 并在这种或那种程度上参加 所有土壤特征的形成。

可見,主要在过程的一定組成部分中表現出自己的作用的每 一个因素,同时对作为整体的土壤形成过程产生影响。

上述三种基本过程——生物积聚,母质矿物的变质和土层中物质的轉移——是任何土壤形成过程的組成部分,也就是說,在地表每一个地点都在进行。但在不同地点,这些过程可能具有不同的发育程度和彼此处于不同的相互关系中。同时,作为在自己的起源上是完全独立的自然現象的每一个这些組成部分,形成自己的特殊剖面。然而,在这种情况下指向于这种或那种特殊剖面的形成的各种过程彼此相互作用,其結果形成一定的完整土壤剖面。

談到上述三类土壤形成过程的基本組成部分之間在不同地点的不同对比关系时,我們完全不能肯定地說,所有这些現象在土壤形成的每一种具体情况下彼此完全沒有联系。相反,我們必須强調指出它們之間存在一定的联系,这种联系不永远是直接的,而常常是十分复杂的,这些或那些現象的发育程度可以有較大的变化。这种联系的形成,一方面是由于:上述每一个土壤形成因素的作用不是在某一个,而是在土壤形成过程的所有組成部分中表現出来;另一方面,是由于各种土壤形成因素的相互制約性。前面已經說过,后者是归結于把或多或少有限数目的一定自然綜合体孤立出来,这些綜合体容許土壤形成因素的作用在或多或少狭窄范围内的变化。因此,在土壤形成过程中也可以区分出比較少数的,以单元过程的完全一定的組合为特征的基本类型(如大家所知,H. M.

西比尔采夫称它們为"土壤发生类型")。

但是,首先,所有这些土壤形成过程类型以在空間上的逐漸过 渡彼此相联系,其次,它們可能随时間而变化。这时候,在单元过 程的組合中应該产生一些能够改变土壤性质和結构的或多或少重 大的变动。

这就是为什么在研究土壤时,必須設法根据主要制約于一定因素的、引起土壤特征的过程的性质,区分土壤的这些特征,同时在开始时个别地研究它們,然后将它們互相对比。这一适用于土壤剖面研究的研究原則是 Б. Б. 波雷諾夫(Полынов, 1929)提出的,他写道:"土壤形成过程可以由若干个或多或少彼此独立的,但永远有着一定相互作用的过程組成。每一个这些过程都可引起一些独特层次的形成,而且,由一个过程所引起的层次可能与因另一过程而出現的层次不相吻合"。又說:"土壤剖面可能是两个或两个以上个别过程的剖面的复杂总体。在土壤层次中也可能有因两种不同过程的相互作用的結果而形成的层次。土壤形成过程的这些复杂形式的研究在于把它們的总剖面分为若干組成剖面,并查明它們在現代的土壤形成过程条件下和在該土壤剖面历史发育过程中的相互联系"(Полынов, 1930)。

因此,在研究土壤剖面时,第一,必須确定它的发育的阶段,也就是确定它分为若干层次的程度,第二,必須把土壤剖面分为若干制約于前述三类土壤形成过程組成部分的发育的单元剖面。在这种情况下,必須遵照下列情况:土壤形成过程的基本类别,当作用于作为整体的剖面的形成时,都在完全一定的层次中找到主要的反映。例如,生物积聚首先是导致土壤的腐殖质-堆积层的形成。这些土层在所积聚的該过程产物的成分和性质方面都可能具有不同的性质,它們也可能具有不同的厚度和不同的結构,最后,它們可能与其它单元剖面的层次結合在一起。在土壤学中这些层次用拉丁字母A标記。

母质矿物的变质作用通常在所謂变质层的形成过程中得到最完全的反映,变质层可能具有非常不同的成分和性质。 制約于母

质矿物轉化的不同方式、不同方向和不同程度的不同型式的变质 层,通常与残积-淀积剖面的层次結合在一起;此外,至少有一部分变质层通常与腐殖质-堆积层結合着。在土壤学中,这些层次的字母符号还未最后确定。不能不承认,通用的符号不是合理的。例如,灰化层用符号 A_2 标記,虽然按照它的性质它并不是堆积层 A_1 的变异,而是它的对立物。只有潜育层有特殊符号——G,但变质的粘化层和紅壤层却沒有自己的符号,而是用拉丁字母 B 标記,也就是說与淀积层的符号一样。

最后,残积-淀积过程剖面的特点是具有土壤的这些或那些流动部分的流失层和淀积层。通常,这些层次与前两个剖面的层次, 特別是与第二个剖面的层次結合一起。

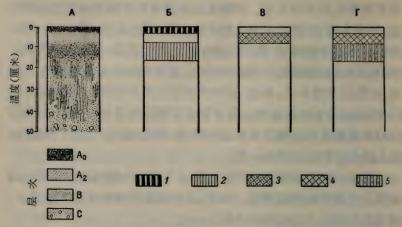
残积层通常用 A₂ 标記,而淀积层用拉丁字母 B 标記。同时, 淀积层在淀积物质的成分上,因而也在它的全部性质上,可能很不相同,它們以数字区分出相应的若干亚层,B₁,B₂,B₈,等等。

让我們引用北秦加砂质灰壤剖面結构的图式和它的三个单元 剖面各个层次的划分作为例子(見图)。

为了比較深入地分析每一个土壤剖面,当然,必須将土样进行 实驗室的研究。根据这种研究可以較詳細地区分与各个单元过程 相联系的特征;例如,可以从土体成分中分出有机物质的各个組 分,或按成因、成分和性质联合的有机物质类群(腐殖质、富里酸等 等),或各个无机化合物(碳酸鈣和碳酸鎂、游离的三氧水化物、各种型式的氧化硅、磷的各种化合物等等)。

最后,除了把每一个土壤剖面划分为若干組成剖面,并且查明每一个过程的特征之外,同样很重要的是研究那些不能立即与某一种土壤形成过程的单元組成部分联系起来的特征,因为它們的产生是由于組成土壤形成过程的全部現象的相互作用的結果。属于这样的特征的有,例如:土壤水和土壤悬浮体的反应,被高度分散的土粒所吸收的阳离子或阴离子的組成,土壤胶体的吸收量等等。

所有这些性质在土壤的不同层次中照例是变化的。 因此,为 了分析土壤剖面,还必須用剖面曲綫描繪这些特征,因为应考虑



北泰加亚地带薄层沙质灰壤剖面結构图式。 卡累利阿自治共和国(原图)

A——剖面的一般外貌(完整剖面), Б——生物积聚剖面, B——毋质矿物变质剖面, Г——残积-淀积过程剖面。 1——未分解的植物残体的堆积, 2——根系残体的微弱堆积, 3——毋质矿物部分的完全破坏, 4——流动性物质流失, 5——腐殖质物质和三氧化物的淀积。

到,每一个这些特征都具有自己的,作为該土壤特征的剖面。将这些曲綫的进程相互比較,就可以确定它們与其它土壤形成过程的相互依賴性和相互联系。必須估計到,在每一个个別层次中,象酸度、吸收盐基的組成和数量等等这样的性质,一般說来,是一系列不同过程的相互作用的結果,但在每一个个別层次中,它們可能主要是制約于某一单元过程的作用。例如,在土壤剖面最上部分的吸收盐基含量的曲綫可以表示盐基数量的增加,腐殖质含量的或多或少平行的增加。同时,同一层次的酸度曲綫也可以提供与中性反应相差的情况。这使我們有可能作出結論:該土壤剖面上部吸收盐基的积聚主要是制約于生物积聚过程,并与堆积层一致。但是,离土表較深的吸收盐基进程的曲綫則可能表示:吸收盐基的含量不但比剖面的最上部减少,而且比下垫的层次也减少。曲綫的这种差异可能与盐基的流失过程相联系,而这种过程与堆积层中盐基的生物积聚同时存在,或在积聚之先进行。

最后,同样的曲綫可以表示吸收盐基在淀积层的再次增加。

可見,同一特征在剖面上的变化說明了它对土壤形成过程的不同組成部分的依賴关系,从而,同一特征在土壤的不同层次中有时可能制約于这些,有时可能制約于另一些参加土壤形成过程的、占优势的影响。

(李 恒譯, 陈昌篤校)

参考文献

- Герасимов И. П. 1950. Коричневые почвы сухих лесов и кустарниковых лугостепей, Тр. Почв. инст. АН СССР, т. XXX.
- Докучаев В. В. 1899. К учению о зонах природы. СПб.
- Завалишин А. А. 1954. Қ характеристике основных подтипов почв лесной зоны Европейской части СССР. Сб. работ Центр. муз. почвовед. АН СССР, вып. І.
- Завалишин А. А. и Б. В. Надеждин. 1957. К изучению современного почвообразования на западе Русской равнины. Сб. работ Центр. муз. почвовед. АН СССР, вып. II.
- Иванова Е. Н. и В. М. Фридлянд. 1954. Почвенные комплексы сухих степей и их эволюция. В сб. «Вопросы улучшения кормовой базы в степной, полупустынной и пустынной зонах СССР». Изд. АН СССР, М.—Л.
- Ковда В. А. 1946. Происхождение и режим засоленных почв. Сельхозгиз, М.—Л.
- Ковда В. А. 1954. Геохимия пустынь СССР. Изд. АН СССР, М.
- Крашенинников И. М. 1922. Цикл развития растительности долин степных зон Евразии. Изв. Геогр. инст., вып. 3.
- Неуструев С. С. 1930. Элементы географии почв. Сельхозгиз, М.—Л.
- Полынов Б. Б. 1929. О генетических почвенных горизонтах. Бюлл. почвоведа, № 1—3.
- Полынов Б. Б. 1930. Генетический анализ морфологии почвенного профиля. Тр. Почв. инст. АН СССР, вып. 3—4.
- Попов Т. И. 1914. Происхождение и развитие осиновых кустов. Тр. Докучаевск. учен. почв. комит., вып. 2. Пгр.
- Почвенная съемка. Руководство по полевым исследованиям и картированию почв. 1959. Изд. АН СССР, М.
- Роде А. А. 1947. Почвообразовательный процесс и эволюция почв. Географгиз, М.
- Розанов А. Н. 1951. Сероземы Средней Азии. Изд. АН СССР, М.
- Розмахов И. Г. 1940. К вопросу о возникновении и развитии солонцевых комплексов. Тр. Почв. инст. АН СССР, т. XXII, вып. 1.

- Сибирцев Н. М. 1899. Почвоведение. Изд. 3-е. В: Избр. соч., т. I. 1951. Сельхозгиз, М.
- Фридлянд В. М. 1951. Опыт почвенно-географического разделения горных систем СССР. Почвоведение, № 9.

地植物学研究时的野外土壤研究方法

Т. А. 罗日諾娃 (Рожнова)

(苏联科学院土壤博物館)

引言

在植被和土壤的比較-地理研究中,通常采用考察或所謂路綫 調查方法,这种方法提供确定土壤和植被的空間变化規律以及在 不同地理环境条件下它們的相互联系的可能性。土壤学家和植物 学家在这种考察中的协作能带来最好的效果,但很遺憾,在考察队 中不是經常能实現这种性质的綜合。而且,象土壤学家一样,植物 学家在自己的独立工作中深入地比較研究植被和土壤时常常要遇 到困难。因此,对地植物学工作时正确安排土壤研究的一些簡明 方法指南可能是有益的。

野外工作的准备

土壤調查的成效在許多方面取决于出发前的仔細准备工作和对未来工作地域的預先了解。最初必須根据已經发表的和有时还是手稿的資料,建立起关于被研究地方优势土类和亚类的概念,关于該地方在这一或那一土壤地理地带或省中的位置的概念,关于母质和土壤的地方性埋藏条件和分布特点的概念。

除了文献資料外,制图資料在这方面可能有很大的帮助,它使 我們有可能获得关于研究区域的地形,地质,水文地理和植被情况 的概念。它們帮助我們了解土壤被复及其与自然-地理綜合体其它 成分的联系,同时根据这些拟訂出野外工作的总計划和工作量。 当然,工作安排在頗大程度上取决于提出的任务和研究的規模,因此,必須选择这些或那些专門性的資料以及这种或那种比例尺的 地形图。

研究地区的开垦程度和居民密度以及与此相联系的各种交通 工具和步行的通行程度对工作的进行永远有很重要的意义。这种 或那种調查規模的选择通常与此有关。

地形图是进行土壤地理工作的基础,它是預先研究該地域的 主要資料来源。地方的地势,或者說地形是了解土被 发 育 一般 規律的第一个关鍵。根据地形图研究地表,可以查明一定地表范 围内的或多或少一致的地形部位的存在情况,甚至可以事先假定 当地一些預料土壤的相应輪廓。繪出明显崎岖不平的地形的地图 是最易閱讀的图。預先熟悉了这个地域的地形,就有可能在图上 划分出高起的分水脊或高原、其周围坡地以及最后,各种性质的低 洼地的地段或整个区。在这种情况下,应設法确定的不仅是河谷、 干沟和冲沟的方向和形状,而且还有在图上表示出的沼泽或盐土 在这些或那些地形部位上的位置。重要的还有: 研究沼泽的平面 形状,如果底图的情况允許,确定森林、农地和居民点在地形部位 上的分布。如果很好地研究和清楚了地图,根据它来安排路綫就 不致有很大困难,因为土被的更替,通常适应于大、小地形不同部 位的更替,而地形部位在地图的等高綫上能清楚地反应出来。应 該記住,一个地方的地质构造常常是随地形性质——切割程度、斜 坡陡度、冲沟-沼泽网的平面輪廓等等---的变化而不同的,而地 盾构造可能就是成土母质的成分和土壤水分-热量状况更替的原 因。

但是,地形变化远不是永远与成土母质的更替相配合。地形形态和部位与母质成分和土壤水分状况的关系可能非常千变万化(图 1—3)。比較年青的湖成平原和冲积平原的地表結构往往十分复杂。在苏联欧洲部分的北部和中部,这样的平原地域特别广泛地发育。在俄罗斯平原的草原区以及干旱草原和荒漠草原,在地质結构比較一致的情况下,平原上土被的不一致是較多地与微地

形相联系。这些平原上的土壤制图是一个很大的困难,因为制約 着土壤差异性的微地形就是在大比例尺地形图上也不能 反映出 来。

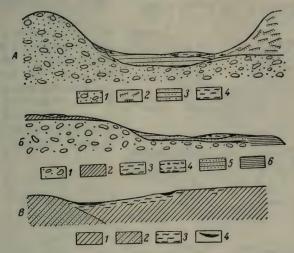
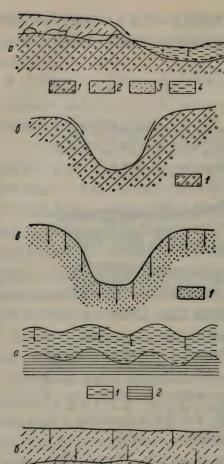


图 1 成土母质和下垫岩石結构示意图。(原图)

A——在显著起伏不平的地形条件下: 1——漂砾砂壤, 2——具卵石夹层的斜层砂质沉积,3——沒有漂砾的层状壤土, 4——过渡沼泽,箭头——土壤-土质水的方向; B——在緩斜坡上: 1——漂砾壤土, 2——复盖壤土, 3——高位沼泽,4——过渡沼泽, 5——沒有漂砾的层状壤土, 6——层状 冲积沉积; B——在平原上: 1——粘土成分的黄土状沉积, 2——壤土 成 分 的 黄 土 状 沉 积, 3——古代冲积湖相沉积, 4——泥炭。

如果有这些地点的航空摄影材料,就可大大簡化預先了解土 壤的过程。它們对具有土壤复域的为自然植被所复盖的地域特別 有价值,这些自然植被实际上是土被的主要指示体,而且明晰地記 录在航空摄影平面图上。

研究了当地文献資料和图件之后,就編写土类和亚类的初步一覽表,根据地图規定野外考察的基本路綫。路綫的数目取决于研究的規模和面积,但規定路綫方向的主要原則是,使調查路綫横穿划分出的地表地形要素(河谷阶地,分水界,长丘,洼地等等)的一切主要断面,以后就在这些要素的范围內布置土壤剖面(图 4)。如



1731 8002

图 2 (图 1 中 A、 B 的补充)。 (原图)

a——由深切割地形向平原过渡在母质多成分結构情况下土壤-土质水局部积聚的形成: 1——重壤土, 2—輕壤土, 3——砂, 4——壤土; 6——在重母质(壤土)结构一致的情况下加强了的地表逕流: 1——重壤土; 6——在輕松母质(砂)结构一致的情况下,土内逕流占优势: 1——砂,箭头——水流动的方向。

图 3 (图 1 中 B 的补充)(原图) a——地表逕流和土內逕流减弱的以及在微洼地形成停滯水的母质的二成分結构: 1——輕壤土, 2——粘土; 6——在被具有减弱的地表逕流和土內逕流的母质所下垫的平坦地形条件下的母质二成分結构: 1——砂壤, 2——壤土,箭头——水的流动方向。

果作大比例尺測量,通常要規定一系列平行而比較靠近的步行方向;如果在广闊地域內作小比例尺測量,則采取个別长路綫和长路 綫之間的短途較詳細調查相結合的方法。当地的开垦程度和通行 情况对路綫方向的选择和調查的进行也有很重要的意义。在某些 情况下,不能不事先規定进行或多或少詳細調查的地段,它們彼此 之間仅以个別路綫联系起来,因为主要地域实际上是不能通行的。





图 4 在地图上設計野外土壤調查路綫的例子(原图) 1——鉄路, 2——村庄, 3——沼泽, 4——湖泊和河流; 5—— 路綫方向。

野外土壤調查的任务和若干方法

在野外工作过程中,要詳細地描述选定的研究点的剖面結构,确定一定土种的分布界限,查明它們与植被、地形和成土母质的关系的主要規律性。在这种情况下野外調查方法的基础是查明土壤形成条件的整个綜合体以及对土壤和植被的組成和性质的变化产

生最大影响的各个因素的作用。

如大家所知,描述人工剖面中的土壤形态剖面是野外土壤調查的基本方法。在每一个个別情况下,选择地点时应該仔細考虑周围的自然条件和反映所研究的地形要素、成土母质和植被的最典型的特点。在地植物学調查中,土壤的研究通常是集中在一定植物群聚的范围內,但就是在群聚的輪廓內,它也要根据地表的一致性、相同的微地形、植被的典型性和尽可能排除邻近群系对該植被的影响的条件决定;不应在树干附近挖剖面,因为在树木周围,土壤上层結构的性质已发生变化(30HH, 1957)。所以,在地形經常变化的情况下,最好是在形成显域地境植被和土壤的条件中,在分水界、高阶地、壠崗頂部等地开始布置剖面。

基本剖面的深度应包括土壤剖面的全部层次和露出成土母质,而在母质二成分(或多成分)結构的情况下,还要挖到下垫的冲积物;在不同条件下,土壤剖面的深度可能变化很大,但在正常土壤結构的情况下剖面的平均深度应該是1.2米至2.0米。土层愈厚,土壤剖面的深度应愈大。在溫带森林草原地带的平原上,土层的厚度通常达到最大。在潮湿的亚热带和热带地区,土层厚度可能还要大。在排水不良的地面,剖面深度常常是限于潜水面的位置。在草原地区和荒漠地区恐怕有土壤盐漬化現象的地段,必须挖很深的剖面(深达3—3.5米)。在山地条件下,剖面深度可能較小,因为它在这里是取决于基岩的埋藏深度。

深的剖面說明土被的所有基本要素的性质,而它們的数量和 分布直接取决于地形形态的多样性、取决于植被和母质成分的变 化。除基本剖面外,还应补充一些較小的半剖面或对照剖面,这是 鑑定各个土壤变种或在个別情况下检查和訂正主要土种之間的界 綫时所必須的。

下面談一下与研究土壤形成过程的特性有关的某些工作方法。

在不断变化的自然情况下,如所周知,土壤的改造比植被的变 化可能要迟緩得多。在这种情况下土壤可能长期保存其过去发育 历史的最稳定的残遺特征¹⁾。由于这个原因,在許多情况下,必須詳細地对比土壤輪廓和植物輪廓的界綫,因为它們不可能是永远吻合的。例如,在泰加林区域,針叶林的砍伐、經常的火灾、土壤改良或土地整理的工作引起原生植物群系的比較迅速的改变;在它們的地点出現了次生的小叶林,草本采伐跡地,沼泽化的或旱地的草甸,但是,在它們复盖下的土壤却还长时間保持着原来的灰化土的外貌。在这些地方,确定土壤界綫和植物群落界綫的工作应該特別仔細地进行。

植物群落組成的改变必然引起土壤中新的质的特征的产生。为了正确理解土壤的进一步的演化和它們与植被的相互关系,必須闡明这些特征。因此,很重要的是,試图比較研究布置在或多或少一致的地形和母质条件中的、但在不同植被下(例如在森林下和在草甸下)的平行土壤剖面中的土壤。在这种情况下,如果其它土壤形成条件相同,成对剖面的比較描述使我們得以最肯定地判断植被直接影响土壤的性质,和在它的剖面中看出。表現在各个发生层次厚度的变化上的,表現在潜育化、碱化或盐化、有机物质的积聚或分解等等上的新的特性,并可将这些特征与土层中根系的分布、草群的組成和結构进行对比。在研究不同农业技术和土壤改良措施对土壤的影响时,以及在闡明各个不断变化的土壤形成过程的条件(成土母质成分、潜水水位的变化等等)的作用时,都可用类似的方法选择剖面。这样,还在野外条件下就应該形成关于土壤发生及其与不同植物群聚相互作用的性质的清楚概念。

作出关于在植被演替情况下出現这些或那些土壤次生特征的 結論以前,应該試图闡明在基本的、完全形成的植物群落下面地形 和母质成分不改变的情况下土壤的各个性质的永恒性或变异性。

在地形、成土母质經常变化,而由于这个原因地表湿潤状况也 发生更替(例如在高地的斜坡或陡坎上和从高地向低地的过渡地 方,那里土壤-土质水发生尖灭)的条件下,研究崎岖不平地方的 土壤时,要解决所有这些相互联系的过程就比較复杂。这里在地

¹⁾ 参閱本卷中 A. A. 查瓦里申的文章 (第 247 頁)。

表的不同地段,必須分清土壤形成条件綜合体的性质和这一或另一因素对土壤过程影响的程度。为了查明土壤形成过程在这些区域的主要特点,通常要揭露典型的景观,在它們的范围內規定剖面,沿着这个剖面綫,在从分水界到洼地的所有依次更替的地形部位上,在不同植被下布置土壤剖面。这样,通过每一个剖面綫上土壤性质和特征的比較研究,使我們有可能追溯出作为当地特征的植被和土被的更替,并把它們与一定的土壤形成条件联系起来。

对泰加景观来說,借助于这一方法,可以确定与森林群系、地形条件、成土母质和水分状况的一定更替相适应的灰化土、沼泽化土和沼泽土的不同变种的一些典型系列。一与此同时,在这里也可以闡明地面沼泽化或排水、土壤鉄化和矿化、土壤的次生盐基飽和现象、有机物质的积聚等等过程发育的一般规律。

在平原的阶地化的地面上或河流阶地上,用剖面法可以研究 草甸土、沼泽化土或沼泽土的发育特性,調查它們的湿度和盐漬化 的条件,并且确定这些条件与潜水埋藏深度及植被性质的联系。 将土壤的特征与它們的分布条件对比,在許多情况下,使我們有可 能就地解决一些与新的草甸或可耕土地的开垦有关的实际問題, 甚至可以制訂一些关于調节水分状况、脫碱、脫盐或其它土壤的质 的改造的措施。

如果在平原或阶地面上有微地形的发育, 并且出現了具有不同土类或亚类的小块斑点相互交替的土被复域性时,那么,野外工作方法就要不同了。在这些情况下, 研究者的注意力应該集中于詳細研究各个土壤成分, 以便查明联系微地形要素和植被的它們的分布規律。在每一个复域范围內,在所有微地表要素上: 在浅洼地、碟形地、小凹地、在它們之間的微弱凸起的高地上都要布置剖面。研究土壤复域时, 建議进行很詳細的土壤測量, 編制 2—3 个不大地段的土壤平面图,可以在每一个这些地段范围內計算每个土壤成分所占面积的百分数。最好还借助于横切接触綫的长形土坑研究相邻微复域成分之間的接触。

在研究任一地方的土被时,在进行有計划的土壤測量之前,預

先繞行研究地域,在分布最广的和从地植物学观点看来最重要的各种植物群落下的不同地点設置几个土壤剖面,那是 非常有益的。这样的初步調查可以揭露該区自然特征的一般图景,根据它可以規划进一步的考察工作。

土壤形态剖面的研究

在正确分析周围自然条件时,土壤剖面的形态鑑定对确定土 壤的发生具有重要的意义。

剖面的描述是在記录本中按照在現有野外土壤調查規范和手册中所普遍采用的固定形式进行。"附录 I"¹⁾就是这种記录形式的例子。

研究土壤剖面时,必須遵守一定的工作順序。为了描述剖面 通常是利用土坑中一个最深的、有很好的光照的和平整的壁,根据 这个壁研究土壤剖面的結构,划出发生层次的界綫和詳細描述每 一层中土体的性质。在記录本中分別記載能强調說明土壤特性的 某些土壤特征,例如,不平常的厚度或各个层次的表現程度,不同 的新生体等等。概略地描画土壤剖面,用符号标出各层的发生学 指标及厚度。

依土壤剖面的結构和性质的复杂程度为轉移,基本的发生层次——A,B,G(腐殖质-堆积层,淀积层,母质)——可以再分为若干层和亚层,并用下列通用符号标出²⁾。

¹⁾ 地植物学調査时采用的植被詳細記載是在特殊的記录簿中,在同样的編号下进行。

²⁾ А. Н. 索科洛夫斯基 (Соколовский,1956) 提出了一个以指标的发生学根据为基础的新的土层命名系統。每一层用說明該层中占优势过程的 实质 的 术語 的 第一个字母标記。据此,H (humus) 代表生草层或腐殖质层,E (eluo)——灰 化层或残积层,I (illuo)——淀积层,K——碳酸盐层,Gl——潜育层,T——泥炭层,H°——森林残落物层,P(petre—石头)——母质,等等。在用数字补充这些符号时提供关于各层厚度的概念,这样,每一个土类都获得自己的公 式。例如,黑土的公式是 H_{50} $HP_{60}K_{60}P$,灰化土的公式—— $EH_{14}E_{14}EI_{40}I_{45}P$ 。然而应该指出,这一命名系統还未得到普遍采用。

 A_0 , A_1 或 A_7 ——各种形式的生物堆积层: 残落物层, 生草层, 泥炭层;

A2---灰化层或脱硷层;

B——变质或淀积层,分为下列亚层: Bh——淀积-腐殖质亚层, Bf——鉄质化亚层, Bc——碳酸盐亚层, Bm——粘土变质亚层;

G---潜育层:

g—— 弱潜育(глееватый)层(斑点层);

O或 of——超潜育层,氧化层或鉄质新生体层;

C---疏松母质层;

D——石质母质层。

除这些独立的发生层次外,还可划分出它們的过渡层次: A_0/A_1 , A_1/A_2 , A_2/B_1 , B/G, 等等。

在野外調查的过程中,应特別注意研究 A₀ 层,也就是土壤的植物残落物层,或所謂死地被物,要考虑到,大多数生物土壤过程都与它有关。残落物层是腐殖质形成或泥炭积聚的泉源,而植物残体分解的速度和性质在一定程度上控制土壤中灰分元素的流失和堆积过程。因此,尽可能在植物残落物层中分出并研究具不同矿化程度的有机物残体的层次,它們的相应符号是 A₀, A₀, A₀, A₀, O₀, 在植物残体积聚大大超过其分解过程的泰加苔蘚地被层中首先就应进行这样的划分。

还要特別注意的是土壤中的植物根系,根在土壤剖面中分布的深度和性质, 并且查明根系聚集最多的带(根飽和)。为了詳細研究根, 根据現有方法借助于洗去土壤和进行称重(Качинский, 1925;Шалыт, 1950等), 按各层次进行根的数量計算。

然而在野外条件下,可以通过定性反应来測定土壤的某些化 学性质。例如,在森林草原、草原和荒漠区域中以及碳酸盐冰碛 物的分布区,可用10%的盐酸測定土壤中的碳酸鈣,分层确定不同 程度的泡沫反应。

在研究盐漬化土壤时,就要測定土壤中最普遍的水溶性盐

类——氯化物、硫酸盐、苏打的存在情况。为此,在野外必須有蒸餾水, KNO₃(10—15%)溶液,一套准备土壤提取液的 試管,以及試剂——AgNO₃(測氯化物用),BaGl₂(測硫酸盐用)和酚酞酒精溶液(測定普通苏打用)。在測定氯化物和硫酸盐时,应該确定不仅是它們的存在,而且也应該按試管中沉淀物的数值确定它們的相对数量。

在北方緯度的过度湿潤的土壤中,就地測定氧化亚鉄非常重要。在稀盐酸的提取液中,用紅血盐試剂进行化驗。

在野外条件下初步測定土壤的 pH 值 也同样重要。在这种情况下,最常用的仪器是"通用指示器"。它由一套試管、吸移管,盛 KCl 标准溶液和蒸餾水的玻璃瓶和 pH 值 3.0 至 8.0 的 普通試剂 (指示剂)組成。这个仪器上有着色的标度,根据它,可以比較着色的土壤水提取液和盐类提取液,并确定 pH值。为了在野外比較准确地測定 pH 值,可采用著名的阿里亚莫夫斯基測定仪(Домрачева,1939; Аринушкина,1952)。

野外土壤調查的結果,非常重要的是查明最密切地联系植被的发育和性质的那些主要土壤特性。在这种情况下植物残落物(死地被物)分解的性质、土壤中有机物质的組成和分布、比率、各层的机械組成和湿度、土壤盐基的淋溶程度,或相反,土壤盐漬化的程度和性质、潜水的水位和状况、成土母质的結构和成分具有重大的意义。所有这些性质大都以一系列具体的形态特征(以潜育斑点和潜育层,泥炭化或腐殖质化残落物层的形成,盐霜等等形式)反映在土壤剖面中,但远不是所有这些性质都能在野外进行研究,为了搞清楚它們,还得进行室內的土壤分析。

为了对土壤进行比較詳細的实驗室研究,应从最下层开始,在各个土层中采取土样。如果有潜水存在,就要指出它的水位,在必需进行分析时,还要采取水样。在剖面中必須这样采取土样,使得它們反映出土层中所有各种性质和現象的順序性以及它們在每层界綫上的表現程度。依研究任务和詳細程度而定,或在每个土层中按层取土样,或沿垂直柱从剖面底部到土壤表面一个接一个連

續采取土样。各个土样样品的重量不能少于300克,而垂直高度 不能超过5—10厘米。土样应装在专門的由結实的布制成的口袋 中,或至少装在結实的和坚固的紙中。土样中要放入标签,标签上 写明地理地点、土坑号碼、土层、取样深度和采集日期。潮湿样品 必須使它干燥到风干状态。

为了定量地測定土壤中有机物质、氮以及各种矿物元素和灰分元素的貯藏量,应該用专門的量筒从同样的土层中采取补充样品,然后在干燥之后,測定它們的容重;为此目的,还要采集一定量的死地被物,在地面測量样方內收集活的植被。

最好在野外用彩色鉛笔描繪出土壤剖面的概略图。

剖面的形态研究結束时,提出土壤的野外命名。定名应包含土壤的簡要发生性质的鑑定,即对这一或那一土类、亚类或土种的属性,并反映出土壤的結构、机械組成以及成土母质的性质和成分的主要特性(例如,带状粘土上的泥炭-强灰化潜育化重壤质土,黄土型壤土上的弱灰化粉砂-壤质灰色森林土,等等)。

这样,在每一个发生学亚类中可以分出各种不同的土属和土种。但应指出,均一母质上的不同土种主要是反映該土壤的发生学亚类范围内的土壤形成过程的数量变化。表示这种数量变化的有,例如,在不同程度潜育化壤质土中的生草-弱灰化土种,生草中灰化土种,生草-强灰化土种。但随着母质机械組成的变化,这些土壤的变种可能具有新的而且已經是质上的差别。例如,在砂性母质上,土壤中将出現淀积-腐殖质过程,同时,伴随有有机和无机物质从上层的流失和在下层的积聚(Bf层或Bh层)。在名称中必须考虑到土壤的这些特征,砂地在这种情况下可以分出生草-灰化淀积-鉄质化土或淀积-鉄质化-腐殖质土的系列。

在研究耕地,草甸或排水地域的土被时,除土壤的发生学鑑定外,还必須补充說明土壤耕作改造过程的特点的术語(生草-中灰化熟化土,排干的腐殖质-泥炭潜育土等等),在侵蝕过程发育的土壤中,应根据有无未受侵蝕破坏的土层,指出土壤的冲刷程度(Садовников,1954)。

土壤图的編制和野外资料的整理

在野外土壤調查过程中,要在图上以編号标出所有剖面和土 坑的所在地点。

借助于对比类似的土壤剖面,然后,按照剖面位置、植被和地 形等高綫划定土壤輪廓的界綫,就可以在图上分出土壤的地域单 位。

土壤图基本上是在野外編制,在图上确定的各种土壤的分布界綫不应再更改。在室內整理資料的过程中,由于最初定的土壤名称有所修改,土壤的机械組成、灰化程度、碱化程度等有所訂正,某些輪廓可以取消或互相合併。

但是,野外編图的完备性毕竟取决于研究的比例尺。如果是相当大的比例尺測量(1:25,000 或更大),务必就地确定所有土壤界綫,因为土被变化的許多重要細节并不永远能从地图的等高綫上表示出来,只有在亲眼观察的过程中才能确定它們,最常是根据植被的空間更替。特別是在具有土壤的杂色組合或复域的地区,在那里,就是有詳細的地形底图,測量工作常常也只限于确定具有不同的或重复的土壤复域的最大輪廓。在个別农場,沒有地形图时,土壤制图常常是利用土地規划概略平面图,但应强調指出,根据它們編制土壤图有很大的誤差,因此,不应提倡。

如果用长路綫調查法进行較小比例尺的調查时,必須在底图上注出剖面点,幷且首先划定区分具有一致的土被或显明不同的土壤組合的地域的主要界綫。它們的界綫通常与清楚表現的地面地形要素以及与它們相适应的同类型母质的界綫相符合,这通常很好地反映在自然植被上。大的土壤輪廓界綫的閉合工作不一定在野外进行,它可以在以后根据等高綫和絕对高度来进行(用內插法)。但是,永远应在图上勾出一切立即可以区分的东西,例如沼泽、个别的高地、河谷等等的輪廓。

在这种比例尺范围内, 土壤的比較詳細的研究可以查明土被

各个要素之間的过渡情况。在所有地形、成土母质的埋藏条件或成分的或多或少显著改变的界綫上出現这种过渡。它們所反映的已經是次要的、較小的輪廓,这种輪廓具有分布不广但对該地常常很典型而且很重要的土壤变种。在这种情况下,这些輪廓的界綫与等高綫方向可能有很大的分歧,可能橫穿等高綫,因此,在野外工作中,就应把它們确定下来。

图上土被詳細化的程度永远取决于調查的比例尺。如果是小 比例尺制图,通常只限于划分出不同的土类、亚类和土种;只有在 更詳細得多的研究(1:10,000)中,才能作到进一步的划分。图上 的所有土壤单位都应与植被单位协調一致,但它們的界綫却不可 能永远完全吻合。

編制最后的土壤图,就应該拟訂土壤图例。拟图例的准备工作:除文献資料外,要直接在野外进行土壤的初步系統化。在描写土壤剖面的同时,建議在专門的划有表格的笔記本上对所有分出的土壤进行系統的統計,根据分类单位将它們归类,将这些单位与地形性质、植被、成土母质和当地絕对高度进行对比(見"附录 I")。編制这样的工作記录首先是便于野外工作过程本身,因为根据它,使有可能就地查明各个优势土种和土壤組合以及它們的形成条件,并且,可以把它們进行对比。

在整理这样的分类記录时,应分出幷且分别地描述当地分布 最广的一切土种,它們就是以后土壤图例的基础。同时,在图上 訂正和确定所有的土壤輪廓,幷根据野外記录的比較和土样的审 查,詳細地检查按形态特征所分出的土壤单位。这样,在訂正如同 土壤的潜育化程度,土壤厚度,机械組成等等时,就可能产生土壤 的某些补充的重新归类。

在野外資料进行了这样的整理之后,最后編制出土壤图例。 图例的最后形式应該是土壤形成过程各种类型的系統分类一覽 表,这些类型可以再細分为相应的亚类、土种和变种、以及它們的 組合,同时划分出耕作土和排灌土的各个发生类群。应該特別小 心地对待土壤組合的划分,因为它們有很大的意义。表明这些組 合是必要的,因为根据一定的組合类型,可以更符合实际地反映一个地域的土被,同时,对了解土壤形成过程的一系列地方特点提供了一个綫索。

在土壤图例中,也可以对土壤形成过程的主要伴随条件,地形,成土母质和植物群落作出簡单的鑑定,写在图例的右边,与土壤(或它們的組合)名称相对。

建議分別地編制土壤和成土母质的机械組成的图例。划分母质时,应以它們的发生,其次是机械組成和結构作为基础。在土壤組成一致的情况下,也可以不特別把它表示出来,只用划分出在一定机械組成的母质上的土壤变种。但在一系列情况下(例如經常在苏联欧洲部分西北部的条件下),土壤在不同組成的二成分或甚至多成分的冲积物上形成,所以不能不給出土壤和下垫母质的粒級組成的划分。

最終的土壤图和图例要清繪在繪图紙上。在图上用一定的顏 色表示土壤、成土母质的发生和机械組成用各种黑綫条表示。

正确地編制的土壤图应該不仅反映出土被分布的規律,而且 也反映出一切主要土壤形成因素的分布規律;其中成土母质起着 特別重要的作用。因此,在图上很重要的是反映母质和土壤的相 互联系,也就是表示出一定土壤系列对一定母质类型的适应性。 这样,土壤图就具有最高的表現力了。它通过土壤表达了整个地 理条件綜合体的特点,并且是划分土壤-地貌地域单位的基础,而 地植物区的全部基本輪廓应該与这些单位的界綫符合。

具有一系列土壤剖面的断面图式是对土壤图的一个重要补充,这种图式說明了研究地域的不同景观中土壤形成过程的特点, 并把各个植物群落和土壤的相互联系詳細确定下来。断面用一定 的比例尺繪制,图上可以反映出地方的地形、植被、成土母质和岩 石的順序变化。而在概略示意图中(或用符号)表示出不同土种的 发生学結构和更替(图 5)。

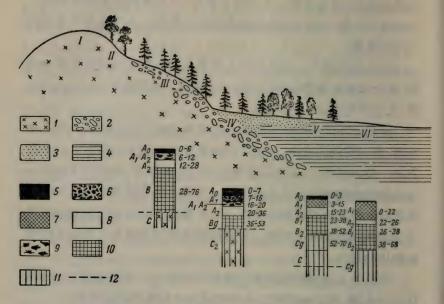


图 5 在森林地带西北部条件中土壤和植被变化的示意图(原图) I、I —— 在具有原始-堆积土壤的花崗岩露头上的地衣 和 蘚 类-地 衣松林(I)中,由地衣群落和蘚类群落(I) 組 成 的 岩 石 綜 合体,I —— 在泥炭化的、强灰化的鉄质-腐殖质土壤上的欧洲 越橘- 真蘚云杉林, I —— 在泥炭-强灰化潜育土壤上的欧洲越橘-泥炭蘚云杉林, I —— 在生草-中灰化潜育土壤上的云杉-樺树草类林, I —— 在熟化生草-灰化潜育土壤上的草甸。 I —— 結晶 岩; I —— 粗 漂 砾 砂壤; I —— 混有砾石和砂砾的沙土; I —— 重层 状 壤 土, I —— 腐殖质层(I —— 定规层(I —— 定规层(I —— 定规层(I —— 定规层(I —— 定规层(I —— 定规层(I —— 产化层(I —— 产化层), 电力线 —— 产化层(I —— 产化层), 电力线 —— 产化层(I —— 产化层), 电力线 —— 产术(I ——

土壤的野外描述格式1)

- 1. 剖面№...... 日期......
- 2. 行政州, 区, 地点......
- 3. 地理位置.....
- 4. 地形的一般描述.....
- 5. 大、中、微地形
- 6. 剖面在微地形上的位置和坡向......
- 7. 植被(組成,密度,高度,年龄和生长状况)........
- 8. 地面残落物的性质......
- 9. 沼泽化、盐漬化的特征、新生体、侵入体及其它特征...........
- 10. 盐酸泡沫反应的深度和性质......
- 11. 土壤-土质水水位......
- 12. 成土母质......
- 13. 野外的土壤命名...

10. 1//HJT-2 H-H									
发生层次	土壤剖面結构图式	各层厚度 (厘米)	分层描述:机械組成,湿度,顏色, 結构,坚实度,构造,新生体, 侵入体,潜育化,硷化,等等。	取样深度(厘米)					

土壤的最后鑑定 ……

1) 根据在 C. B. 佐恩的著作中引用的格式, 略有修改。

附录 II

土壤野外系統統計时的記彔实例

灰化土、亚类

行 政 区	絕对高度(米)	剖面編号	地	形	成土母质	植被			
弱灰化淀积-腐殖质-鉄质土									
罗辛斯基区	40	952	湖泊-冰		分选的細粒砂子	眞蘚-越橘-松林			
罗辛斯基区	50	987	略有起位	代的阶地	分选的粗砂壤	越橘-松林			
罗辛斯基区	30	1100	湖滨緩籴	科阶地	中粒沙子	經透光伐的有稀 疏草被的越橘- 松林			
泥炭化中灰化淀积−鉄质−腐殖质土									
罗辛斯基区	90	921	平坦高原	7	致密漂砾沙壤上 的分选沙壤	有鬚草混生的眞 蘚-越橘 云 杉 林			
維 堡 区	80	365	壠 坡		下垫結晶岩的冰 債砂壌	與蘚-越橘云杉 林			

(高梁、周建刚、李恒合譯, 陈昌篤校)

参考文献

- Аринушкина Е. В. 1952. Химический анализ почв и грунтов. Изд. Моск. гос. унив., М.
- Благовидов Н. Л. 1954. Почвенная карта и ее использование. Сельхозгиз, М.—Л.
- Герасимов И. П., Е. Н. Иванова и В. А. Носин. 1954. Задачи и методы крупномасштабного картирования почв в связи с учетом и качественной оценкой земельных ресурсов страны. Почвоведение, № 9.
- Докучаев В. В. 1886. Главные моменты в истории оценки земель Европейской России, с классификацией русских почв. Отч. Нижегородск. губ. земству, вып. 1. СПб.
- Домрачева Е. А. 1939. Физико-механический и химический анализ почвы. Сельхозгиз, М.
- Завалишин А. А. 1954. Қ характеристике основных подтипов почв лесной зоны Европейской части СССР. Сб. работ Центр. музея почвовед. АН СССР, вып. 1.
- Захаров С. А. 1930. Краткий курс практических занятий по почвоведению. Госиздат, М.—Л.
- Зонн С. В. 1957. Краткие методические указания к изучению почв при лесотипологических исследованиях. В кн.: В. Н. Сукачев, С. В. Зонн и Г. П. Мотовилов. Метод. указ. к изуч. типов леса. Изд. АН СССР, М.
- Качинский П. А. 1925. Корневая система растений в почвах подзолистого типа. Сельхозгиз, М.
- Ковда В. А. 1946. Происхождение и режим засоленных почв. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Красюк А. А. 1931. Почвы и их исследование в поле. Госиздат, М.—Л. Ливеровский Ю. А. 1957. Использование аэрометодов в почвоведении. Почвоведение, № 6.
- Неуструев С. С. 1930. Элементы географии почв. Сельхозгиз, М.
- Почвенная съемка. Руководство по полевым исследованиям и картированию почв. 1959. Изд. АН СССР, М.
- Садовников И. Ф. 1946. Руководство по производству почвенных исследований. Сельхозгиз, М.
- Садовников И. Ф. 1954. Почвенные исследования и составление почвенных карт. Сельхозгиз, М.
- Соколовский А. Н. 1956. Сельскохозяйственное почвоведение. Сельхозгиз. М.
- Шалыт М. С. 1950. Подземная часть некоторых луговых, степных и полупустынных растений и фитоценозов. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. III, Геоботаника, вып. 6.

植物群落成分的生态-生理学研究

陆生植物光合作用研究方法概述

О. В. 查連斯基 (Заленский)

(苏联科学院植物研究所光合作用研究室)

引言

地球上生物圈中活有机体的最重要特点就是它們有进行一定 化学工作的本能。如大家所知,进行这种工作的主要能源就是太 阳能、綠色植物吸收太阳能和用有机物的形式把它固定下来。綠 色植物所完成的合成工作的数量在地球上的不同地带是远不相同 的。这种地带性的或空間上的差异在陆生植被中特别显明。此外, 綠色植物所进行的工作量在植物界的各种生物单位(种,生态型, 生活型等)之間是极不平衡的。确定了这一或那一生物单位的工 作量和工作特点之后,就可明确各該单位在植物界所固有的物质 和能量总平衡中的位置。

为了了解在进化过程中植物界各生物单位之間所 形 成 的 关 系,为了了解它們在全世界和各个地区的分布規律,評价合成工作 的数量也是必要的。在植物地理学中,早就把有机物质产品看作 是决定植物分布及其相互关系的一个最重要原因。在麦逊和斯托 特(Mason 和 Stout, 1954)的概述中引証了許多有关这方面的新資 料。

在植物进行生命活动的环境中研究光合作用和呼吸作用是評价植物合成工作数量的一个最簡捷方法。因此,在最近50年期間,植物同化作用的生态-生理研究得到了发展。

光合作用生态-生理研究的任务首先在于:分析植物生产率在不同的生命活动条件下发生变化的原因,計算产品的实际数值和潜在的可能数值。此外,在植物的生态-生理研究中,光合作用不但是植物生命活动的基本过程之一,而且往往被用作敏感的指标,借以观察植物有机体对各种条件变化的反应。根据这种反应的性质,就可比較的評价各种植物与外界环境因素及它們所在生境的关系,評定这些植物在生物群落中的相互关系等。而且,不能不指出,光合作用的生态-生理研究对闡明这一过程的实质和机制有很大意义。在上述所有問題中,光合作用的研究都与呼吸作用的研究紧密相关。

要解决上述任务,必須善于把覌測和实驗結合起来,利用可以 在野外和实驗室进行工作的各种研究方法。制訂供在自然条件下 研究光合作用之用的方法有很大的困难,因为光合作用准确的測 量是基于气体交換(二氧化碳或氧气)。

只有在严格固定的生理活动条件下,才可能准确地測定植物叶片气体交换过程的强度。即便生理条件的微小的改变也可能引起光合作用的变化。而且,当根据气体交换指标研究光合作用时,到目前为止,我們还不能不采用各种装置,这些装置又不可能不改变植物活叶中光合作用的現实条件。必須指出,这些变化对光合作用发生影响的性质和程度在許多情况下还是研究者所不明了的。例如,以气体交换作为指标測定光合作用的唯一可能性是必須把植物叶片密閉在这种或那种不同类型小箱里。甚至仅仅由于光合作用的結果所造成的箱內的状况也总不同于箱外的情况(叶面上 GO2 浓度的分布不同等),而且,所产生的变化可能影响到活叶同化二氧化碳的速度。总之,可以这样說,如不改变影响光合作用过程的条件,那么,要用气体交换指标来精确地測定光合作用,原則上是不可能的。換句話說,測定的結果在許多情况下将决定于光合作用所处的条件,而在測定时所发生的条件变化往往无法估算。

当有必要研究自然条件下的光合作用时, 我們总是要遇到这

些原則性的困难。影响自然条件下叶片和箱內叶片光合作用的那些因素(溫度, GO₂ 浓度等)的差异随着測定工作的延长而迅速增长,由于計算二氧化碳或氧气浓度变化的現有方法的灵敏度不足,要把曝光时間縮短到理想范围內又不可能。

除上述这些原則性的、方法上的困难之外,还有許多因供研究 自然条件下植物光合作用的仪器(特別是供在野外进行研究工作 的仪器)的远不够完善而造成的一系列困难。

因此, 許多专家认为, 研究自然条件下的光合作用是植物生态-生理学中的最复杂的課題之一。然而, 最近几年, 在探討測定自然条件下光合作用的方法方面, 取得了重大成績。概述这方面的研究状况就是本文的基本任务。

关于植物同化作用的指标

光合作用是由好几类化学反应(光被色素吸收,水的光氧化, 形成的氢向被还原的基质轉移,氧的释放,二氧化碳的固定,被固 定产物的还原,碳代謝的中間产物和最終产物的形成,二氧化碳接 受体的再生等)組成。上述各种反应的机制与呼吸代謝紧密相关。 此外,所有这些反应(至少是大多数)都严格局限于植物同化細胞 的一定形态构造中。在光合作用参加下所形成的有机物质从同化 細胞轉移到其它組織和器官,經受进一步的代謝轉化。这一切最 終地决定了如生长、发育和整个植物有机体生产率之类的复杂現 象以及植物有机体对外界环境条件变化的反应。如果心里設想一 下植物同化作用的复杂情景,那么就会很清楚;描述光合作用的特 征需要利用各种不同指标的綜合。

关于說明植物同化作用特征的指标問題还远远未得到足够的研究。下面,我們試图簡述一下从生态-生理角度研究光合作用时 所应注意的那些指标。

光合作用强度

光合作用强度是植物同化作用的基本指标,它說明这一过程的速度。测定光合作用强度的基础是测量参加这一过程的物质的数量。从光合作用的总方程式能清楚地看出,这类物质就是二氧化碳(碳酸)和水以及它們的最后产物——有机产物[以(GH₂O)n符号表示]和氧气。

$$nGO_2 + nH_2O + (h_v) \rightarrow (GH_2O)n + nO_{2o}$$

根据叶綠素所吸收或被束縛在有机产物中的能量(h_v)也可确定光合作用强度。然而,在上述所有各种原則上的可能性之中实际用来测定光合作用强度的只有下列指标中的一种或若干种。1)被吸收的二氧化碳的数量,2)被释放的氧的数量,3)已形成的有机物质的数量。

从这些指标中选择一个并无严重的困难。在实驗 中已 經 知道: 所有植物光合作用气体交換系数 $\left(\frac{CO_2}{O_2}\right)$ 数值通常趋 近 于 常数,而是在被吸收的二氧化碳数量、增加了的有机物质的重量和有机物中所束縛的能量之間存在近似的一 致 性 (Smith, 1943)。上述各种指标的測量都应在一定的时間內进行,同时应假定,这一时間內过程的速度是保持不变的。

为了正确評价实驗資料,首先为了对比用不同植物在不同条件下所得到的数据等等,必須用某一种代表同化植物的共同单位来表示一定时間內光合作用的数值。叶片面积、叶片体积、叶片干重或鮮重都可以作为計算光合作用强度的这样的单位。这样,就可以确定光合作用的强度,例如,像单位面积的叶片在单位时間內所吸收的二氧化碳数量。

当評价光合作用强度的比較測定的各种可能性时,最难的問題是挑选能代表植物本身特征的单位,而植物光合作用的数值应該属与它有关。大家都知道的,各种植物叶片的构造是非常多种多样的,它們的形态、厚度、水分含量等各有不同。因此,叶面、叶

片干重和鮮重(或容积)之間的可能比例关系不但各个种不同,就是同一植物也往往不同。例如,1平方分米薄叶的光合作用强度可能比同样面积的較厚的叶片小,如果厚叶由大量的同化細胞組成并含有較多叶綠素的話。有許多植物的叶面大小一般就很难测定。在这样的情况下,最好是利用干重作为計算光合作用强度的单位。然而,必須注意,用干重計算光合作用强度时,不同叶片的同化組織和非同化組織的数量可能有所不同。最后,用鮮重(或容体)单位来比較計算光合作用强度在叶片含水量变化不定的情况下是非常不够准确的。

当必須比較評价同化器官形态构造很不相同的植物的光合作用时,选择計算这一过程强度的单位的上述困难就更为突出了。 紐沃勒尔 (Neuwohner, 1938) 的研究就可說明这一問題。他的研究的任务是比較評价盐生植物和淡土植物光合作用的强度。如所周知,盐生植物不同于淡土植物之点首先是每单位鮮重同化器官的含水量高得多(平均为85—90%,而淡土植物是50—65%)。其次,盐生植物每一单位鲜重叶片(或嫩枝)的同化面的发育程度比淡土植物低 ½—%。因此,比較属于不同生态类群的各种植物的光合作用(或呼吸作用和蒸騰作用)强度时,由于計算所用的单位(干重,鮮重或同化面积)不同,可能得到完全不同的結果。紐沃勒尔的数据表明,都換算为干重的話,盐生植物光合作用的强度即为淡土植物的 3 壹 倍。这是完全可以理解的,因为如上所述,盐生植物同化器官的含水量比淡土植物多得多。

如果以单位同化面积来計算光合作用强度,那么,关于盐生植物和淡土植物这一过程的比較强度,就可得出完全不同的結論。 这时,盐生植物的光合作用强度比淡土植物的数据低得多。当用单位鮮重来計算光合作用强度时,則盐生植物的指标与淡土植物的指标之間的差別不大。

由上述例子可見,比較評价同化器官形态結构显然不同的各种植物的光合作用强度是非常带条件性的。为了进行这样的評价,往往必須預先針对研究对象考虑适当的研究方法,然后,应选

择这样的計算单位, 使这种单位在比较各种植物的光合作用强度 时应能反应最真实的情况。

在結束光合作用强度換算方法的概述时,必須指出,在某些特殊的情况下,有人利用叶綠素含量 (Willstätter u. Stoll, 1918; Любименко, 1935)、叶片中蛋白质含量(Williams, 1939)等作为計算单位。不能不說一句,上述各种指标在用来計算光合作用之前,本身也应該用叶重、容体或面积来計算过。当然,这样的計算也与上述光合作用强度的計算一样,是带有条件性的。

因此,必須考虑到,到現在为止,还未能从結构复杂的同化器官的各种性状中找出这样一个特性,它的变化在所有情况下都与光合作用的变化有直接的关系。所以,不可能提出一种适用于整个植物界的、計算光合作用强度的万能单位以供精确的比較評价之用。但是,在实践中,薩克斯(Sachs, 1884)的建議已流传很广,根据这个建議,在絕大多数的情况下用单位叶面来比較計算具叶片植物的光合作用强度。选用叶面这个最常用的比較单位的依据是,叶面的大小在一定程度上决定了投射到植物叶片上的光的数量¹⁾。

单細胞藻类和許多具有同化部分的不同系統群中的植物一样,很难測定它們的同化部分的面积,其光合作用强度常常以单位干重来計算。在現代的文献中,用鮮重来計算的比較少見。为了更好地保証能将光合作用的实际研究結果与文献中的資料进行比較,专門計算一下(那怕是一次也好)被研究植物单位同化器官面积的鮮重和干重是大有好处的。知道了面积,干重和鮮重之間的比例系数,就可用不同的比較单位来近似地表示光合作用强度。这样,大大扩大了比較的可能性,并能将获得的实驗資料作深入的分析。

到現在为止,我們只談了光合作用的强度問題,还沒有研究这 个指标与呼吸作用的关系,而后者是植物同化作用这个統一过程

¹⁾ B. H. 留比緬科 (Любименко, 1935) 指出,叶片的光合作用实际上取决于投射到叶綠体表面的光的数量。根据叶綠体結构的現代概念,实质只这种单位可能即可称为顆粒体的表面等等。然而,从叶片細胞中分离叶綠体的方法 (Глик, 1950),以及定量計算它們面积或物质量的方法目前还处在探索阶段。

的另一方面。根据現有的概念「見文特拉烏布(Weintraub, 1944), 拉比諾維奇 (Rabinowitsch, 1951 a) 等人的概述], 植物綠色部分 呼吸作用在光照下的速度与黑暗中的速度相同, 即光对呼吸作用 沒有重大影响。因此,在光照下的植物同化器官中,同时进行着光 合作用和呼吸作用,这两个过程在气体交换和能量方面是相互对 立的。在某些条件下,如在光照强度很低时,光合作用过程中所吸 收的二氧化碳(或释放的氧)可能降低到与呼吸作用中所释出的二 氧化碳相等这种程度。普勒特采尔(Plaetzer, 1917)提議把这种气 体交換状况称为补偿点(компенсационный пункт)。当光照强度 較高时,光合作用不但能补偿呼吸作用,而且还能在一定程度上超 过呼吸作用。我們在这种气体交換状况下測定光合作用时, 能够 計算出来的只有叶片所吸收和释放的二氧化碳之差。然而, 計算 光合作用强度时要假定,这片叶子同时把呼吸作用所释放的全部 二氧化碳都用到光合作用上去了。不考虑这部分二氧 化 碳 的 数 量,我們就只能知道外表的或可見的光合作用的强度。为了測得 **真实光合作用的数值**,必須在外表光合作用数值上加上同化叶片 中因呼吸作用而形成的那部分二氧化碳的数量, 即訂正光合作用 的强度。

許多联系同化作用生产率問題討論这一过程生态-生理[特別是在研究海藻生产率(Gessner, 1955),乔木生产率(Polster, 1950)等的情况下]的著作中,都分析了上述两个指标。为此,用同样的叶片試样同时測定了外表的光合作用(光照下)的强度和呼吸作用(黑暗中)的强度。将两个得出的数字相加,就算出了真实光合作用。

只有在光不影响呼吸强度这一提法完全証实以后,这样的算法才能是正确的。但是,这个問題到現在为止还沒有最后在实驗中解决。不久以前,用示踪原子方法所进行的工作証明:在正常同化器官的呼吸作用过程中所释放的二氧化碳的数量,在光照下释放的仅为在黑暗中释放的 30—50% (Steemann-Nielsen, 1955)。有些資料报导,植物光合营养細胞(фототрофная клетка)在强烈

的光合作用下或者在实际上一般不释放出呼吸作用形成的游离二氧化碳,或者这个数量小到无法测量的程度(Заленский,1957; Rither, 1956)。因此,我們认为,用植物光合营养器官的呼吸作用来进行訂正和計算填实光合作用沒有什么意义。这样訂正值实际上是不可测量的,因为人工阴蔽的叶片的呼吸作用大小不能代表这一过程在光照下的强度。

光合作用对外界环境因素的关系

甚至对光合作用强度进行一次比較測定也能看出: 生长在不同条件下的各个植株的这个指标是不相同的。但是,为了說明各种植物同化作用的特征,一次的測定当然是远远不够的。植物生态一生理学研究的最重要任务就是闡明这些或那些生物单位(生态类型,种类群或种)所占据的位置对外界环境主导因素的关系。植物生命活动的基本过程——光合作用在类似性质的研究中,特别是为了确定植物的生态类型属性,为了查明植物分布規律等問題曾不止一次地用作指标(Schimper和Faber, 1935;Любименко,1935; Walter, 1951; Lundegård, 1957等)。

这一或那一植物的光合作用对直接起作用的各主要因素(光,周围空气中的二氧化碳浓度和温度)的关系取决于这个过程的强度对环境变化的依賴关系。这种依賴关系是說明植物同化活动特征的一个独立指标。它可以根据自然条件下的直接測定数据和专門实驗室的試驗資料来确定。

在自然条件下測量光合作用强度时,要測量溫度和同化叶片 周围空气中二氧化碳的浓度,还要測定光照强度。整理在同一条 件下不同时間內的各次測定結果,可以作出光合作用对这一或那 一因素变化的依賴关系曲綫,或者划出同化作用摆动的范围。最 近,許多植物都得到了这样的曲 綫(Cartellieri,1940;Polster, 1950;Tranquillini,1954;Pisek u, Tranquillini,1954,等),图 1 是这种曲綫的一个例子。

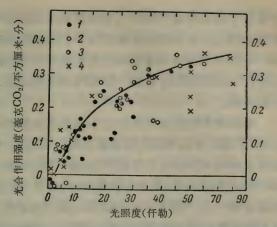


图 1 Doronicum Clusii 的光合作用对光照强度的依賴关系 (根据 Cartellieri, 1940) 1——1937年7月9日; 2——1937年9月1日; 3——1938 年7月27日; 4——1938年8月15日。

量等)的变化拉平。并且,在一定的光照条件下,它們对光合作用 强度的变化会发生影响。其它因素的这种影响加上被研究植物在 生物学上的不一致性所造成的誤差,其結果是,如在图 1 中可以清 楚看到的那样,光合作用对光照的依賴关系曲綫上的点子多少比 較分散。这种情况自然而然地降低了曲綫的可靠性。

此外,外界环境因素在自然条件下的变化范围(特別是如果工作短期地在某一地点,而不是在不同地方进行的情况下)、通常比起实現該植物种所固有的同化活动的可能性要小得多。在这样的情况下,只能确定曲綫的个別部分。为了分析光合作用对上述三种外界因素的依賴关系,必須使曲綫具有一些基本点子,根据这些点子就可划出曲綫来。为了即使在野外的試驗中也能得到完整的曲綫,那就要人为地扩大影响被研究植物光合作用的外界条件的差异范围。例如,在叶片箱中,可以用不同层数的透明紙¹⁾ 遮暗这个箱的个别部分,以建立不同光照强度的梯度。当研究光合作用对温度的依賴关系时,可以把叶箱放在温度一定的水浴里。在野

¹⁾ 当用放射計量法測定光合作用时(見 355-357 頁)。

外条件下人工創造不同的二氧化碳浓度是很困难的。与光照强度和温度相比,这个因素在自然条件下的变化相对而言是比較少的,而光合作用的二氧化碳的飽和程度(应該測定),如大家所知,只有在二氧化碳的含量比一般空气中高得多(0.2—0.3%)的时候才会出現。

如在有专門設备的实驗室中研究光合作用对外界因素的依賴 关系,上述許多困难則比較容易克服。在这里,可以比較精确地測 定光合作用在排除了其它因素(溫度, GO₂ 浓度)影响时对某一因 素(例如,光照强度)作用的依賴关系,因为其它因素都保持在一定 的固定水平上。利用下面将談到的某些測定光合作用对光照和二 氧化碳含量的依賴关系的方法,研究一个叶片或一根枝条可以繪 出曲綫。所有这些都頗为显著地提高所得結果的可靠性。此外,在 实驗室可能創造的因素变化范围比在自然界要多得多,这样,就可 以得出光合作用对各种因素作用的依賴关系的完整曲綫。

因此,研究光合作用对外界因素作用的依賴关系,特別需要在 实驗室进行工作。

現在来研究一下代表光合作用对外界因素依賴关系的那些标志,即: 1)一个因素在它开始影响植物气体交换时(因素开始发生作用的时刻)的强度; 2)观察到补偿点时該因素的那种强度(例如当光合作用等于呼吸作用时的光照强度); 3)曲綫上升部分的 傾角,根据它来判断速度,在該因素作用强度增加时,光合作用随速度的增加而增大;有时,这个标志用照度数值表示,在这种照度条件下,光合作用强度为飽和状态时强度的一半(Rabinowitsch,1953); 4)光合作用强度不再随因素作用强度的进一步增加而递增或递减时,該因素的作用强度(因素的飽和强度); 5)光合作用达到飽和时的强度的絕对值,在被研究因素的作用下,如其它条件不变,这个数值相当于植物的最大光合作用能力。

如果現在按照这些标志来計算被研究植物光合作用对光照强 度、GO₂浓度和溫度的依賴关系,那么很容易看到,所获得的曲綫 对上述每一因素来說都具有一定程度的特殊性。 显然,各种植物的所有正常发育的叶子的光合作用对 GO₂ 浓度的依賴关系曲綫都将在周围空气中二氧化碳含量平均 在 0.1—0.3%左右时达到飽和状况(达到頂点)。浓度进一步增加,至少增加百分之几,如果其它因素不变,光合作用就不致再增强。在不同的个体发育时期,植物种与种之間的差别虽然存在,但一般 不 很显著。

相反,光合作用对光照强度的依賴关系曲綫在不同植物种之間的差别却大得多。許多植物就是在世界上光照强度最大(~180仟勒克司或~1.65大卡/平方厘米)的帕米尔高山荒漠 这样的地区,其光合作用在照度增加到全日照度时还是不断增强。同时,許多植物的光合作用的光飽和点在1000勒克司左右,因此,在光因素方面,我們在植物界看到巨大的系統发生和个体发育变异范围。这种变异性远不是永远与生境条件直接影响有关联。生长在光条件完全相同情况下的种,如落叶松和松树(图 2),其光合作用对光照

度的依賴关系曲綫往往各不相同。这一过程对于不同外界环境因素,首先是与光照的作用的依賴性质显然在許多情况下决定于植物遗传的,在进化上制的特性(Заленский Вознесенский пСемихатова, 1958)。

光合作用对温度 的依賴关系还很少研 究。 然而,这种关系 一般不同于与二氧化 碳和光的关系。光合

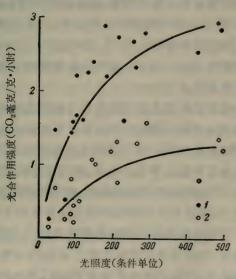


图 2 落叶松(1)和松树(2)的光合作用对光照强 度的依賴关系。1938年8月29日(根据Polster, 1950)

作用溫度曲綫总是有一个最适带,过了最适带之后,光合作用当温度增加时下降。如溫度进一步上升,以致引起了呼吸作用加强,那么就出現所謂上补偿点。 在强光和高浓度 GO₂ 的作用下,暫时还未見到这种补偿点。分析了光合作用对溫度的依賴关系,就可以确定同化机构对溫度影响的耐性。

从上述例子清楚看到,分析植物光合作用对直接和間接的外界因素(除我們已討論到的因素外,还有湿潤因素等)的依賴 关系对生态-生理研究是多么重要。

光合作用的潜在强度

研究光合作用的最重要任务不仅是記載它在自然 界 的 变 化 (为了解释一系列的植物生活規律,这是非常必要的),而且要用实 驗来闡明植物在太阳能利用系数方面的潜在可能性的种間差异。

如果提出了这个問題,就有必要研究所謂最大 潜在 光合作用能力(即光合作用的最大可能强度)。这种能力取决于植物內部組織各种特征的总体。В. Н. 留比緬科(Любименко, 1935)、В. А. 布利梁特(Бриллиант, 1950) 和其它許多研究者都指出了这个指标的重要性。

确定植物光合作用的最大可能强度的研究归根到底是研究光 合作用与外界因素的依賴关系。但在許多情况下,重要的不仅是 要求这个最大值,而且要研究具体生活条件下的植物所具有的潜 在光合作用能力等等。为此,使其它許多影响植物的因素保持不 变,即在自然条件下进行研究,必須排除其中二氧化碳不足的限制 影响,以便使光合作用能达到在这种条件下的潜在可能数值。

研究自然条件下植物的潜在光合作用能力的实际可能性在不久以前,即在用放射性同位素 G 定量测定光合作用的方法 研究出来以后才出現。 这一方法 的特点 (Заленский, Семихатова 和 Вознесенский, 1955)在于。在二氧化碳——最强烈限制陆 生 植物光合作用的因素之———的飽和浓度情况下,测定自然条件下

植物的光合作用。在保証很好地对比与根据自然条件下观測到的光、溫度、湿度以及其它外界和內部因素的广闊变化范围相配合的不同植物种光合作用的測定結果时,这个方法使 我們 有可能研究具体条件下的潜在光合作用强度,并能近似地說明該种植物的最大光合作用强度数值。

光合作用的动态

从上面的叙述可見,对野外植物同化作用进行生态-生理研究时,最好是研究两个指标——通常的 GO₂ 浓度和升高的 GO₂ 浓度下的光合作用(潜在的光合作用强度和"自然"光合作用强度)。两者之間的差別可以証明: 該植物所固有的进行同化作用的可能性在它的生活条件下有多少現实性。这两个指标随着影响植物的条件不同,植物的生长和发育的特点不同,在时間上有很大的变化。这样的变化与气候的地带性类型和植被发育的总节律有密切的关系。每一个地带性的植被类型都有它自己所固有的同化作用季节性节律(3aлeнский, 1954)。在某些情况下,这种节律因这种或那种植物所处的植物群落条件的影响而有很大变化。各种原因所引起的条件变化在光合作用日变化性质上表現得最清楚。但是,根据所有这些变化进行詳細研究时,发現植物本身具有这样地或那样地調节光合作用动态的能力。因此,光合作用往往被用作研究植物与植物,植物与周围环境的复杂关系的一个很灵敏的指标。

可以通过在一天的不同钟点內和在植物生长季的不同时期的 測量工作来研究光合作用"自然"强度和潜在强度的动态。

光合作用产物的质的組成和同化物的流出

根据許多研究者的意見,光合作用中所吸收的碳 不但 是用来 形成碳水化合物,而且被用来制造其它許多有机物质,其中包括蛋 白质。这就是說,由于光合作用产物在組成性质上的变化,它們的 运动和进一步生物合成的特征的不同,植物的其它生理功能,首先 是它們的生长,也应有所变化 (Ничипорович, 1953; Сабинин, 1955)。因此,光合作用产物的质的組成影响植物的最后生产率。

由于放射計量法的应用,使不同条件下光合作用产物的质的 組成的研究成为可能。根据放射計量法,其中也使我們有可能不 仅查明光合作用时吸收的二氧化碳的化学新陈代謝途径,而且也 查明它在植物有机物质中的量的分布(Заленский, 1955)。如 Л. А. 菲里波娃(Филиппова, 1955)所确定,光合作用中所 吸收的碳 在叶片有机物质中的分布在帕米尔高山荒漠野生区系的不同植物 种不同。在光合作用中所吸收的、参加碳水化合物 形成 的碳的百 分率从早到晚地增加,在植物生长期中不断地变化等等。

所有这些事实正說明了进一步研究自然条件下植物光合作用产物质的組成和同化物流出的 迫切 必要 性。О. В. 查 連 斯 基, О. А. 謝米哈托娃和 Л. 沃茲湼先斯基(Заленский, Семихатова 和 Вознесенский, 1955)的文章討論了这些研究方法。

作为植物生产率因素的光合作用

从生态生理学观点来說,生产率是植物在一定生存条件下所进行的一长串生命活动过程的最終結果。Л. А. 依万諾夫 (Иванов, 1941) 曾經提出了一个計算植物积聚的有机物质数量的总方程式

$$M+m=fPT-aP_1T_1$$

式中 M——植物在計算时間內的干重;m——在这一时間內的失去的干重;f——光合作用强度;P——叶面或同化物质的大小;T——光合作用的工作时間;a——呼吸强度; P_1 ——"呼吸物质量"; T_1 ——呼吸时間,这个方程式的右边部分是光合作用"生产率"与呼吸作用"生产率"之差。

必須指出,光合作用"生产率"和呼吸作用"生产率"都是复合項,由各該过程强度与实現过程时間和植物同化面面积或呼吸物

质量的乘积所組成。上列方程式的最大优点在于,它指出了直接 計算决定着生产率的基本植物生理过程和結构特征的必要性,而 不是仅仅計算植物的重量。

根据自然条件下光合作用日变化和季节变化的研究結果,即可确定光合作用的生产率。对一系列的研究来說,这样作已經足够了。然而,目的在于对植物生产率各种变化作因果分析的工作,还应考虑上述的其它因素。因此,为了研究植物生产率各个問題,除了光合作用的計算方法外,还应利用其它許多方法。目前,对許多栽培植物 (Ничипорович, 1956)和野生植物 (Boysen-Jensen, 1932; Polster, 1950; Заленский, 1956等)都完成了这样的綜合研究。

所以,为了描述植物的同化作用,必須利用代表光合作用强度、它与外界环境主要因素的依賴关系、这一过程的动态和性质以及最后它在有机物质的积聚过程中的作用的各种指标的綜合体。由此就很清楚,研究光合作用要采取不同方法,下面,我們就对这些方法进行說明。

关于光合作用研究方法的分类

到現在为止,光合作用研究方法的分类还远未得到足够的研究(Бриллиант, 1950)。 根据計算光合作用所依据的标准,首先可把現有的各种方法分为三类。前面已經提到,这些类所包括的方法是以計算同化器官所吸收的二氧化碳的数量、放出的氧气的数量或以計算它們的重量为基础的。其次,每一类的方法又可按計算上述指标的方式作較詳細的划分。我們觉得这样分类已經足够了,因为"方法"这个概念的本身就是意味着这一或那一自然現象的研究方式。

表 1 是根据上述原則将研究光合作用的定量方法进行分类的 尝試。

分析表1中的資料可以看出,目前存在着許許多多各色各样

計算光合作用的标准		方 法	描述該方法的著作
被吸收二氧化 碳的数量	1.	根据吸收物质重量的变化测定二氧化碳。	Willstätter u. Stoll, 1918
	2.	根据吸收 [气量法 (эвди- ометрия)]二氧化碳后气体 体积的变化,測 定 二 氧 化 碳。	Ingen-Housz, 1779; Saussure, 1804.
	3.	根据压力的变化 測 定 碳 酸 (应用酸的緩冲液的检压法)。	Burk, Hearon, Caroline a. Shade, 1946,
	4.	根据吸收溶液滴定的变化测 定二氧化碳。	Boussingault, 1869.
	5.	根据吸收溶液 pH 的变化测定二氧化碳(比色法)。	Osterhout a. Haas, 1918.
	6.	根据气体导热性的变化测定 二氧化碳(导热分析—— катарометрия)。	Waller, 1926,
	7.	根据吸收溶液导电性的变化 測定二氧化碳(电导測定)。	Spoehr a Mc Gee, 1923.
	8.	根据吸收紅外綫輻射的程度 測定二氧化碳。	Mc Alister, 1937; Egle u. Ernst, 1939,
	9.	根据放射性碳的吸收情况测定二氧化碳(放射計量法)。	Ruben, Hassid. a. Kamen, 1939; Заленский, Семиха- това и Вознесенский, 1955。
	10.	根据原子质譜的变化測定二 氧化碳[质譜分析(масспе- ктрометрия)]。	Van Norman a. Brown, 1952.
排出氧气的数量	1.	根据体积的变化 測定 氧气(气量法)。	Ingen-Housz, 1779; Saussa- ure, 1804.
	2.	根据压力的变化 測定 氧气(使用碱性 緩冲剂的 检压法)。	Warburg, 1918.
	3.	用化学方法測定氧气。	Winkler, 1888; Willstätter u. Stoll, 1918.
-	4.	根据原子质譜的变化測定氧气(质譜分析)。	Van Norman a. Brown, 1952.
已形成的有机 物质的数量	1.	計算干物质重量变化或光合作用主要产品的数量。	Sachs, 1884,

的研究光合作用的方法。其中最流传的是各种气体测定法,这些 方法的基础是测定該环境中綠色植物的光合作用在周围环境中所 引起的变化。按照同化植物周围环境中二氧化碳和氧气数量的变 化测定光合作用过程的强度,比根据已形成的有机物质重量的变 化来測定要快得多和准确得多。与通常的气体分析例子一样,許 多气体測定法可以同时計算光合作用中所吸收的二氧化碳和排出 的氧气的数量。这就給确定光合作用过程中各种交换气体之間的 数量关系(同化系数)提供了可能,根据这个系数的变化又可以間 接地判定光合作用产品的化学成分的性质。

研究陆生植物的光合作用,几乎毫无例外地要借助于以測定被吸收二氧化碳的数量为基础的气体测定法,而研究水生植物的光合作用大都是根据排出氧气数量的测定。这是因为,空气中氧气的含量(占空气体积的21%)与它在水中的含量(在大洋水中,温度为10°时,占水体积的0.6—0.7%)相比是很大的。可見,根据氧气記載光合作用在水体中所引起的气体含量变化是比較方便和准确的,在空气中则应根据二氧化碳来記載。确实,近年来,有过許多应用瓦尔布尔格(Bapбypr)的經典压力測定法来主要从生态生理观点研究陆生植物光合作用的尝試。在这个方面进行进一步的研究是很值得的,因为这个方法的好些特点(能够同时测定一系列平行叶片样品的光合作用动态等等)极宜較广泛地用于陆生植物光合作用的生态一生理研究。在 O. B. 查連斯基、O. A. 謝米哈托娃和B. Л. 沃茲湟先斯基(O. B. Заленский, O. A. Семи-хатова 和 B. Л. Вознесенский, 1955)的著作中,专有一章詳細描述研究高等植物叶片光合作用的气压法。

下面概述一下現代生态-生理学研究中,特別是自然条件下的研究,所采用的研究陆生植物光合作用的一些定量方法。我們将不討論較古老的光合作用測定法(气量法和重量法),因为在一般的实习教学課程中很容易找到关于它們的介紹。目前尚未用于生态-生理研究的一些現代的方法(质譜分析,导热分析和利用酸性緩冲剂的气压法)也不予詳述。

根据吸收二氧化碳的溶液的滴定度 变化测定光合作用

无論在普通的大气或人工气体混合物的气流中,或者在密閉系統(如烧瓶)条件下,都可按照吸收溶液滴定度的变化来測定光合作用的强度。在光合作用的生态-生理研究中特别广泛流行的方法是:通过放有同化叶片的叶箱和碱性吸收溶液吸取新鮮空气。約在一百年以前,布逊戈(Boussingault, 1869)首次地采用了这个吸气法。

在以后这个方法被应用于大量的研究工作中, 并且又經过各种各样的改进。目前所采用的測定光合作用中被吸收二氧化碳的数量的方法已大大改变了, 但布逊戈法的基本原則和仪器的基本部件在許多方面还是照旧保留了下来。因此, 这个方法的許多特点对分析下列許多測定光合作用的方法有着重大意义。

在实驗研究中用了一个长时期以后,"气流"法(метод"в токе воздуха") 便开始愈来愈广泛地被用来研究在植物自然环境条件下的植物的光合作用。在这方面,科斯蒂切夫(Костычев)的著名研究工作有很重大的意义,在他的工作之后,测定光合作用的"野外"方法便牢固地进入科学中。紀录自然条件下光合作用变化的必要性,向测定光合作用的方法論提出了一系列的新任务,这些問題是实驗室的研究者所未曾接触到的。在解决这些复杂任务的过程中,起重大作用的是許多植物生理学家的工作(Lundegård, 1922, 1924; Жемчужников и Сказкин, 1925; Вотчал и Толмачев, 1926; Вотчал, 1928, 1940; Костычев, Базырина и Чесноков, 1928; Воуѕеп—Јепѕеп, 1928, 1932; Красносельская—Максимова и Ордоян, 1929; Ничипорович и Бакулина, 1930; Воопѕtга, 1930; Базырина и Чесноков, 1932; Gassner и. Goetze, 1932; Неіпіске, 1933; Неіпіске а. Ноffman, 1933; Воѕіап, 1933—1934; Stålfelt, 1935; Рихтер, 1936; Holdheide, Huber и. Sto-

cker, 1936; Heinicke a. Childers, 1937; Schanderl u. Bosian, 1939; Ничипорович, 1940, 1955; Ничипорович и Васильева, 1941; Данилов, 1941 а, 1941 б; Иванов и Коссович, 1946; Комиссаров, 1948; Бриллиант, 1950; Извощиков, 1953; Извощиков и Неговелов, 1954; Починок, 1958, 等等)。

这个方法的原則在于。通过碱性溶液吸收二氧化碳和这种溶液的下一步滴定来对二氧化碳作定量測定。在这方面,也和所有气体測量法一样,光合作用强度本身总是根据叶片周围空气中原有或現有的二氧化碳(或气体混合物)数量与同化作用后空气中的二氧化碳数量之差来計算的。因此,为了測定光合作用的强度,总是要两次測量被溶液所吸收的二氧化碳数量(对照与实驗)。

这一情况有很重要的意义。例如,如果把叶片短时間地放在 GO₂ 含量很高的气体混合物中或者放在流通很快的气流中,那么,光合作用造成的二氧化碳浓度差异是很小的,并且,当对比吸收溶液的两次滴定結果时,很难确定这种差别。但是,如果同化叶片长久地放在二氧化碳含量很低的气体混合物中(或放在速度緩慢的气流中),則光合作用的結果会使浓度发生很大的差异,以致足以进行准确的測定,不过,这时光合作用的强度可能受 GO₂ 不足的限制。

В. Л. 沃茲涅先斯基(Вознесенский, 1958)在分析許多气体 測定法所固有的这种矛盾时指出: 只有十分严格地鑑定这种仪器 測定二氧化碳浓度差异的可能精度,并慎重选择进行測定的条件 (СО2 浓度,空气流动速度,叶片曝光时間,叶片面积等),才可能解决这个問題。工作用的叶片必須是新鮮的,同化器官功能要正常,对外界环境不同因子的变化要很敏感,这样,条件的选择問題就因而大大复杂化了。

上述一切問題的解决实质上是光合作用研究中的基本方法論任务,特別是那些旨在研究植物自然生活条件下的光合作用变化的工作的任务。

按照吸收二氧化碳溶液的滴定度变化測定光合作用的仪器通

常由3个結合在一起的基本部分組成:1) 叶箱,2) 吸收器和3)抽吸器,后者的作用是抽出空气(或气体混合物) 并尽可能精确地測出它的体积。在文献中,上述每一部分都有許多不同的改变。我們不可一一討論,下面只介紹一下該仪器各部分应該符合的最主要的方法上的要求。

叶箱。为了測定光合作用的强度,植物的叶片或其它同化器官应放在透明小箱內。这种必要性是絕大多数研究光合作用的方法所最难克服的缺点。

小箱用玻璃、賽璐珞、聚乙烯或其它任何透明材料作成,它和 集热器(теплоулавливатель)一样在强烈的光照条件下工作,因为 对热射綫的穿透率微小,它不能把植物发出的紅外綫輻射放出去。 这样,叶片过度增热,小箱內空气溫度变高,其相对湿度改变,从 而,蒸騰,光合作用和其它生命过程就在难于估計的"非生态"条件 下进行。因此,对叶箱的結构及一般地对整个光合作用測定法提 出的第一个要求是:必須尽可能少改变叶片生理作用的"正常"条件。

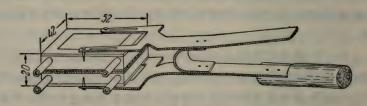


图 3 适用于10平方厘米叶面的夹鉗式叶箱 (根据Починок, 1958)

此外,叶箱应保証叶片和叶上气流(或气体混合物)之間二氧化碳的无阻交換,以及 GO₂ 在叶面各不同部分的均匀分布。

从这些要求出发,叶箱首先应該具有符合同化器官或枝条的 形态結构的形式,不应有"有害的空間",因为叶面上被渗漏出来的 二氧化碳可能会停在这种空間里。因此,叶箱容器的形式非常众 多(圓形,柱形,球形,立方体形,椭球形,漏斗形等)。 关于叶箱大小的問題可以說也是如此。有的很大,大到可容下整株栽培植物 (Thomas 和 Hill, 1949),整棵树 (Heinicke, 1933)或整个培养器 (Любарская 和 Макаров, 1950)。也有很細小的夹鉗式叶箱(图 3),它只能容下叶片的个别部分 [Ничипорович (1955)等]。

制备叶箱是用普通玻璃或有机玻璃、賽珞玢、聚乙烯等。用这些材料往往只是作小箱上下两面的壁,它們是固定在木制或金属制的两个侧壁上。在气体混合物的气流中工作时,采用多层結构的密封小箱(Mitchell, 1935; Вотчал, 1940; Оканенко, 1940 等)。在自然条件下,研究光合作用是在大气气流中进行,所采用的叶箱或

者一端完全敞 开(Жемчужников和 Сказкин, 1925), 或者局部关 閉,留出一些 漏气洞(图 4 和图 5)。无論 是密封的或者

是开口的小箱都可用以測定从植物上摘下的或不摘下的叶片的光合作用。在野外工作中,虽然不是經常必要,但一般宁可測未从植物体摘下的叶片(Бриллиант, 1950,等等)¹¹。在这种場合下,叶

片从敞开的一面或从可用

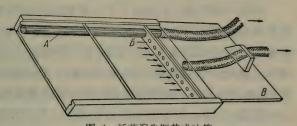


图 4 沃茲湼先斯基式叶箱

A——对照空气的吸气管;

5——在小室內建立均勻气流的栅格;

B——箱盖,箭头指气流方向。

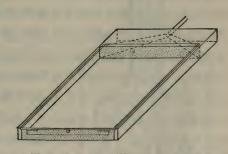


图 5 向德列尔 (Шандлер) 和波集安 (Бозиан)式叶片箱

¹⁾ O. A. 謝米哈托娃 (Cemuxatoba) 的文章 (見本卷 374 頁) 討論了摘叶的影响問題。

不同方法敞开的上壁放入小箱內。为使叶片不致碰到箱壁,有时 把它用卡普隆綫或別的綫紧紧牵住在一个框子里。这样的框子連 同叶片一起放入小箱內。

近年来流行較广的是結构很簡单的叶囊,这是用賽璐玢或聚乙烯制成的(图 6),最早的設計人是赫尼克 (Heinicke, 1933)。叶囊附設有吮吸空气的管子和直接貼在植物叶片上的溫度計,用一般的迴形針就可以把它們固定起来。不久以前,有人(Koch, 1956)介紹了另一种叶箱結构,叶片不是放在箱內,而是直接摆在有一条小貼边的上壁上面。这一扇壁是一块塑料板,上面有許多小孔,借以吮吸經过叶片的空气。

还有一种叶箱,可以容下不大植物的地上部分,而不用把植物从土壤中挖出来(Bosian, 1933—1934)。此外,有一种小箱只能測叶片的一个上表面或一个下表面(Heinicke, 1933; Nutmann, 1937),或叶片个别部分(Ничипорович 和 Бакулина, 1930,等等)的光合作用。后者特别方便,因为他們所分出的叶片面积的大小永远是一样的,用不着专門去确定它。但应指出,在小小的叶箱

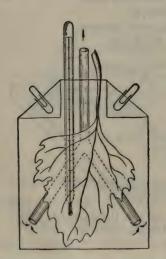


图 6 用聚乙烯作的叶囊(根据赫尼克, 1933)

內,被吸收的二氧化碳永远很少,于 是測定光合作用强度的精度就要大 大降低。最后,还有可以同时研究光 合作用和蒸騰作用的小箱 (Heath, 1939,等等)。专門測定禾本科植物 叶片的小箱 (Andersson, 1944),专 門測針叶乔木的針叶的小箱 (Uhl, 1937)等等。

現在来討論一下各种叶箱所应 具备的若干一般特点。

上面已經指出,最好能使小箱 內被吸进的空气或气体混合物作尽 可能均匀的运动。为此,往往用专 門的隔板把吸气管和排气管在箱內 部隔离开来,隔板上有許多孔,可以把进来的空气在整个放叶片的空間內进行均匀分配 (Schanderl 和 Bosian, 1939)。有时,使小箱內通风的两个側壁是用有大孔的压制玻璃制成(Bosian, 1933—1934)。

毫无例外,所有的叶箱都应有热敏电阻、溫差电偶或溫度計,以便控制空气或叶片的溫度。前面已經指出,光合作用的一切測定都应該避免箱內空气和叶片的过热。这是对一切光合作用測定法的最重要要求之一,而达到这个要求却是最大的困难,特别是在自然条件中进行工作时。减少叶片和空气过热有3个可能:1)减短箱內叶片的曝光时間;2)测定工作在新鮮的大气气流中进行;3)人工冷却叶箱。

在增加新鮮空气气流速度的同时, 縮短曝光时間是减少过度 增热的最合理办法。縮短曝光时間的可能限度和增加气流速度首 先取决于研究光合作用所采用的方法的准确性。曝光时間愈短和 气流速度愈快, 对照測定和实驗測定所引收的二氧化碳的数量差 別愈小,而光合作用强度是根据被吸收的二氧化碳数量来計算的。 当然,上述的差值减小时,測定的誤差就大大增大。既然,正是对照 和实驗中CO2的数量差值影响測定的精度,那么,对于該方法最适 的曝光时間和气流速度本身就成为以被研究植物光合作用强度的 絕对数值为轉移了。因此, 为了在光合作用强度較低的情况下获 得較准确的結果,就不得不延长曝光时間和縮小被渗出空气的气 流速度。实际上, 較准确的測定光合作用的方法和仪器(如下面将 要討論的电导測定和放射計量法)是可以把小箱內叶片的曝光时 間减縮到几分钟(5-10分钟)的(在光合作用的强度为平均数值的 情况下),这样可大大减弱箱內叶片的增溫。根据碱性溶液所吸收 的 CO。测定光合作用,实际上不能不使箱內叶片曝光20-40分钟 以上。这是該类方法的最大缺点之一。有些学者(Бриллиант, 1950) 认为,因为,特別是在自然条件下,可以观察到光合作用强度短时 間的、偶然的变化,不宜使箱內叶片的曝光限制在很短(3-4分钟) 时間內。然而,严格地說,到目前为止,还沒有証实这种变化的存在。 既然,上述的各种方法都不能避免叶片的过度增热,就不能不使用人工方法来冷却叶箱或者用冷水灌注叶箱,或者給小箱装置专門的冷却設备(在小室壁上安上能让水流过的水的儲器)都可作到这一点。相当成功的冷却叶箱的一些方法在埃卡尔德(Eckardt,1952,1953)和納塞罗夫(Hacыpob,1956)的文章中作了介紹。特朗查里尼(Tranquillini,1954)建議用吸收紅外綫的玻璃滤光器将叶箱与太阳直接輻射隔开。根据該学者的資料,这种簡而易行的方法大大減緩了小箱內叶片和自然条件下叶片的溫度差別。然而,只有在新鮮的大气气流中測定光合作用时,上述各种冷却叶箱的方法才是有用的。

吸收器 吸收器的主要功能在于:保証完全吸尽通过它的空气或气体混合物的气流中的二氧化碳,同时保証尽可能准确地测定 GO₂ 数量的条件。吸收器盛有重晶石或含鈉碱的滴定溶液。在吸收 GO₂ 时所形成的碳酸鋇大約經过一小时就沉淀下来,但碳酸鈉还是留在溶液中。在溶液中加入 BaGl₂,可以加速 BaGO₈ 的沉淀过程。碱性溶液的浓度能对它所吸收的 GO₂ 的定量測定发生影响。溶液愈弱或者溶液的体积愈小,GO₂ 的定量测定愈加准确,因为最初滴定和最后滴定的差值比較大。不过,分量很少的弱溶液不能完全吸尽流經的空气或气体混合物气流中的二氧化碳。設計吸收器的結构时应考虑到上述的特点。

大多数測定光合作用的具体方法中,采用当量浓度为 0.2 至 0.01 的重晶石溶液或食盐溶液。注入吸收器的这种溶液 通 常是 100 毫升。为使这些溶液几乎能吸尽全部通过它的 GO₂,溶液和气体接触的时間和接触面积都应尽可能大一些。因此,第一,吸收器应作成狭长的管子,使注入管子的溶液柱能达到很大的高度。例如,波依生-燕生(Boysen-Jensen, 1928)的吸收器便是一个长 150厘米的細玻璃管。这样大小的吸收器工作起来很不方便,特别是在野外。在吸收管中装置专門的隔板,以便把空气喷散为很小的气泡,可以达到縮短吸收管长度和促使吸收尽量多二氧化碳的目的。为制造这种喷散器,采用了多孔木材和木栓作的薄片、銀片和

硬橡皮薄片,卡普隆或奈綸織物等。目前,根据赫尼克和霍夫曼 (Heinicke 和 Hoffman, 1933 a)的建議,几乎全都采用了孔径50 微米左右的多孔玻璃所作成的过滤器 (图 7)。要改进对二氧化碳的吸收,也可以用非常細小的螺旋状曲管,空气气泡沿这种管子能走一段长距离。然而,如果精簡所有这些条件,吸收器就应該使气流(不給它阻碍,因而中断抽吸器的工作)能很快地(达50升/小时)通过溶液。除了这些純結构性的零件外,在碱性溶液中加上几滴异丁醇或异戊醇,降低液体表面张力,从而在抽吸空气时引起泡沫的形成,这样可以大大提高吸收二氧化碳的程度。这种方式在托馬斯 (Thomas, 1933) 和霍尔德海依德、胡柏尔与斯托克尔(Holdheide, Huber 和 Stocker, 1936)的关于光合作用工作的实践中都管使用过,现在则被广泛采用。

用吸收器工作时,碱性溶液应确保 与大气空气隔离。溶液的滴定可以在吸 收器中进行,也可以在联接吸收器的烧 瓶中作。

最近,創立了一些較方便的吸收器結构,可以保証完全吸尽大气气流或气体混合物气流中的二氧化碳。其中应提出的是苏联捷斯諾科夫(Чесноков)系統(图 8)和里赫捷尔(Рихтер)系統吸收器,植物生理 实驗 指南 (Н. Н. Иванов, 1946; Вальтер, Пиневич 和 Варасова, 1957,等)对它們作了詳細的介紹。用有机玻璃作的沃茲涅先斯基(Вознесенский)系統不碎吸收器(1958)也值得一提。

抽吸器和其它抽吸空气及測定空气 体积的設备。許多以被同化二氧化碳的 定量測定为基础的測定光合作用强度的 方法的准确性在很大程度上取决于通过

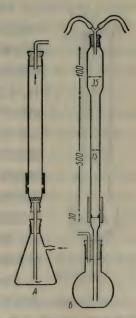


图 7 不同形式的吸收器 A——根据赫尼克和霍夫曼 (1933 а); Б——根据达尼洛夫(Данилов, 1948)。

叶箱和吸收器所抽吸的空气的体积測定。对这种情况常常考虑得 不够。可以同时吸收空气又可測定它的体积的最簡单仪器就是尽 人皆知的抽吸器。抽吸器注滿了甘油或水(Bosian, 1933—1934), 它是用玻璃瓶、鍍鋅鉄皮或鋁制成的。用抽吸器測字气体积时,必 須注意遵守測定气体体积的基本操作規則。特別是, 应用馬略特 (Мариотт)管平衡抽吸器和周围环境中的气压差,根据温度訂正 空气体积的变化等等。如果沒有馬略特管,就应当調整抽吸管所 抽吸的空气的流速,因为測定时发生水柱高度的变化。然而,在实 际工作中,由于抽吸器太笨重,又必須有很高的支架等等,所以它 是一种很不方便的仪器。在野外环境下工作时采用它的已越来越 少了。

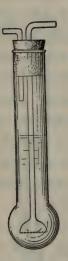


图 8 捷斯諾科夫

目前, 代替注水抽吸器的是各种結构的机械 抽吸器(Holdheide, Huber 和 Stocker, 1936), 鼓风 器和泵,发动它們可以用电动机,也可以用手。在 自然条件下通常应用的測定光合作用的各种泵 中,可以利用手动卡莫夫斯基(Камовский)式泵, 如同 Ю. С.納塞罗夫(Насыров, 1956)所作的。上 述各种仪器的主要缺点是,它們都不适于測量抽 吸容气的体积。因此,用泵測定光合作用的仪器还 应包括一个机组——电流計或气量計。許多实驗 指南都描写了这些仪器的构造。而且,原则上完全 可以創造一种供好几个抽吸器用的輕便泵, 在泵 中,抽吸空气的机构应同时尽可能准确地測量空 气体积和調节气流速度(Заленский, Семихатова 和 Вознесенский, 1955; Вознесенский, 1958)。

系統抽吸器

現在,轉过来簡述一下在自然条件下測定光合作用的仪器和 具体方法。

最简单的仪器是仅仅由叶箱构成的仪器, 在叶箱中实現叶片 曝光,同时又測定从空气中吸收的二氧化碳的数量。第一个这样 的仪器是由隆德戈尔德(Lundegårdh, 1937)提出的,叶片放进注满

了碱性溶液的密閉箱 10-15 分钟。隆德戈尔德的試驗表明,在这 种密閉系統条件下,光合作用的强度受到二氧化碳不足的人为限 制,特別是喜光植物。尽管如此, J. A. 依万諾夫和 H. J. 科索維 奇(Иванов 和 Коссович, 1930, 1946)在"同化烧瓶"法中还是重新 恢复了隆德戈尔德的建議,"同化烧瓶"法在苏联已被推广。他們 制造了容积为4公升的专門烧瓶,后者預先用抽吸泵灌滿空气。 植物枝就放在这种烧瓶中。然后, 把密封的烧瓶放在光綫下曝光 15-20 分钟。在試驗結束以后,取出枝条幷把碱注入烧瓶以吸收 二氧化碳。定期搖动烧瓶,每隔20-25分钟进行一次碱的滴定。 Д. А. 科米沙罗夫(Комиссаров, 1948)更进一步簡化了这个方法, 他測定光合作用是采用1.2-1.5公升的普通錐形烧瓶,把曝光时 間縮短到7一8分钟。这个方法骤看很簡单,如加以批判性的研 究,則是很少适用于自然条件下的光合作用測定的,特別是經科米 沙罗夫修改过的方法。不难計算,在充滿普通空气的4公升容积的 同化烧瓶中約含二氧化碳 2 毫升。为了避免因 GO。的不足而人为 地引起光合作用强度的下降,在試驗終了时,GO。的量应减少25% 以上,即0.5毫克(Ничипорович, 1955; рис. 9)。假定,我們把植 物叶片放入这种烧瓶,叶片面积为25平方厘米,光合作用强度为 在1平方厘米上每小时20毫克CO。在理想扩散速度的条件下, 可以用于光合作用的 0.5 毫克 CO₂, 就是被該叶片在 6 分钟內所 吸收了。然而,如約希(Joshii, 1928),波西安(Bosian, 1933-1934) 等的直接試驗所指出,在密閉系統的不流动的空气中,这种保証頗 大扩散速度的理想条件是不可能的。因此,尽管,叶片得到的 CO。 在理論上足以保証光合作用,但叶片实际上总是处在二氧化碳不 足这种条件下。用这种方法测出的光合作用强度的絕对数值总是 被人为地降低了, 許多使用"同化烧瓶法"的植物生理学家所覌測 到的也确是如此。可見,只有在流动空气中,才有可能正常地供給 同化叶片以二氧化碳。

从这个观点出发,較适于在自然条件下測定植物光合作用的 是那样的方法和仪器,在这些仪器中,二氧化碳通过叶箱从叶子渗 出,然后收集在同时执行抽吸器功能的貯气罐中。以上述原則为 基础的仪器是隆德戈尔德(Lundegardh, 1922, 1924)創造出来的, 并被长期地用于光合作用的生态-生理研究。在这种叫做"隆德戈尔德钟罩"的仪器中,通过叶箱的空气直接被吸进注有碱性溶液的 机械吸收器。В. П. 依茲沃希可夫(Извощиков, 1953)的方法与 隆德戈尔德的方法原則上沒有任何差別,他提議把植物不同叶片 上面渗出的空气吸进有碱性溶液的烧瓶中,然后測定碱所吸收的 二氧化碳的数量。

上述各种方法的缺点在于,在密閉系統中,空气不流通,碱性 溶液吸收二氧化碳的过程非常緩慢。完全吸收二氧化碳是測定的 最低要求,但在这些方法中实际上都达不到这一点。

从上述可清楚看出,只有当測定在流动的空气或气体混合物中进行,才有可能根据碱性溶液所吸收的 GO₂ 的測定来測量光合作用。气流是保証供应叶片以二氧化碳,使碱性溶液完全吸收二氧化碳和克服箱內叶片过热所必需的。

在适当的工作方法情况下,一系列測定流动空气(通过叶箱和吸收器所吸收的)中光合作用强度的 仪器保証了这些条件。除了B. A. 捷斯諾科夫 (Чесноков) 所提出的这类实驗設备外, A. A. 里赫捷尔 (Рихтер) 等 (Ничипорович, 1940; Ничипорович 和Васильева, 1941; Н. Н. Иванов, 1946,等等)还創造了供在自然条件下工作用的仪器(Костычев, Базырина 和Чесноков, 1928; Красносельская-Максимова 和 Ордоян, 1929; Костычев 和Кардо-Сысоева, 1930; Heinicke a. Hoffman, 1933 b, 等等)。

如前面所指出,組成这些仪器的是:3一8个叶箱和同等数目的 吸收器、抽吸器或带測空气体积的电流計的泵¹⁾。这些部件的結构

¹⁾ 在 H. H. 依万諾夫(1946)、О. А. 华尔捷尔(Вальтер)、Л. М. 比湟維奇和 H. H. 瓦拉索娃(Пиневич 和 Варасова, 1957)、Ф. Д. 斯卡茲金、Е. И. 洛夫奇諾夫斯卡婭、М. С. 米列尔和 В. В. 阿尼基也夫(Сказкин, Ловчиновская, Миллер 和 Аникиев, 1958)等的实习教程中对在大气气流中测定光合作用的方法和某些仪器的結构都作了詳細的介紹。

上面已經說明了。

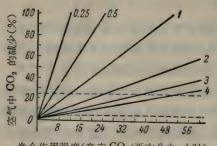
現在簡述一下用上述仪器測定光合作用所必須的操作程序。

CO₂ 含量(或光合作用强度)的測定过程分为3个阶段:1)实 驗室的准备工作;2)野外工作;3)实驗室的碱性溶液滴定。

实驗室的准备工作在于把吸收器中的空气去除二氧化碳和将 滴定碱性溶液注滿吸收器。为此,用短管子把所有的吸收器联結 起来。其中一个吸收器与盛碱石灰的柱管相接,或者注滿浓碱性 溶液,然后,去除了 GO₂ 的空气被吸进通过全部系統。当借助于 不与外界空气接触的专門装置将吸收器中的空气完全去除了二氧 化碳时,就将滴定碱性溶液注入吸收器。

带到野外的吸收器与叶箱和抽吸器(或电流計和泵)連接在一起。被研究植物的叶片放入叶箱。为了平衡叶箱和周围环境中GO₂的浓度,若干学者(Bosian, 1933—1934,等等)建議在測定开始前几分钟把空气吸入未带吸收器的仪器系統。在这种准备工作之后,就把吸收器接上仪器系統,并开始測定工作。

为了正确地选择測定的条件,必須預先想一想,作試驗的叶片面积应該多大,曝光时間要多长,通过叶箱的气流速度应該多大。如前所述,被溶液吸收的二氧化碳的定量測定的精度,同化叶片的二氧化碳供应情况和叶片的可能增溫程度就是取决于这些条件的。A. A. 尼奇波罗維奇(Ничипорович, 1955)在前不久发表的一篇文章中會正确地指出。为了准确地測定光合作用的强度,必須专門安排必要的气流速度以及曝光的时間。利用图 9 的图解就可以作到这一点。这个图解的依据是經驗中所确定的事实,即只有当叶片从被抽吸的空气中吸收的 GO₂ 不少于空气中最初 GO₂ 含量的 5% 和不多于 25% 时,才有可能进行多少比較准确的光合作用的测定。正确测定光合作用的这种条件范围在图解上用虚綫表示。根据图解預先評定被研究植物光合作用强度的可能数值时,可以大致地选定这样的气流速度(以公升/1 平方厘米叶面計),即用它可以得到較确切的测定結果。此外,从图解可以了解:在这种或那种气流速度下,可能测定光合作用强度的那些极限值。



光合作用强度(毫克 CO₂/平方分米·小时)

图 9 在不同气流速度和光合作用强度条件下空气中二氧化碳的减少情况(設空气中CO₂的最初含量为总体积的0.03%)。 (根据尼奇波罗維奇,1955)綫条上的数字——空气流速(升/平方厘米)

在自然条件下測定光合作用的强度,应注意箱內气溫或箱內叶片溫度的变化, 并应記录外面空气的溫度, 光照强度和一般天气情况等。沒有这些資料和不观察 气孔的状况,就不能将研究 結果作深入的室內整理。

測定結束后,必須标出 曝光时間和通过每个吸收器 吸收的空气体积。如果研究 光合作用强度的白昼变化,

而且工作不是对与植物分离的叶片进行,那么通常是在傍晚,在白天的所有观察結束后才量叶片面积。在許多专著中介紹了量叶片面积的方法(Frear, 1935;Петров 和 Гаврилов, 1939; Шардаков, 1939 等)。

全部野外工作結束后,吸收器挪到实驗室,在那里根据普通实习教程所規定的方法进行碱性溶液滴定。为了計算光合作用的强度,可利用对照吸收器(空气中的 GO₂ 含量)和試驗吸收器中碱性溶液所吸收的二氧化碳数据。对照吸收器和試驗吸收器中所測定的二氧化碳数量之間的差异,在考虑到曝光时間将其換算为相应的时間单位和叶片面积(或叶片重量)时,就是所求的光合作用强度。

从以上所述可知,这些測定光合作用的仪器实质上与实驗室中的仪器装置很少差別。只有在邻近設有用以进行化学滴定的实驗室的情况下,才有可能在自然条件下利用它們进行工作。

許多作者在力图避免进行溶液滴定的必要(实际在野外也不可能作这种滴定)时,研究了利用通过溶液的空气的二氧化碳对这种吸收性碱性溶液进行"自动滴定"(在溶液中加入指示剂)的可能性。显然,最先是 В. Н. 留比緬科提出了这个有趣的想法(Брил-лиант, 1950:376)。测定光合作用时利用自动滴定的困难是要采

用非常弱的碱性溶液。例如, А. А. 尼奇波罗維奇和 Н. И. 巴庫琳娜(Ничипорович 和 Бакулина, 1930)試驗根据酚酞的褪色时間确定光合作用的变化时, 用的是 0.0001 当量浓度(H.)的溶液。当然,这样弱的溶液不能完全吸收气流中的二氧化碳, 因为它們的吸收性能随着 рН 值的接近中性, 而下降。如果用碱性較强的溶液, 那么, 自动滴定所須时間就要大大延长。此外, 在弱碱性溶液中, 酚酞颜色的变化很不显著, 因此, 很难捉摸褪色的时間。

在某些采用自动滴定法的工作中,特别是 В. П. 依茲沃希可 夫和 С. Ф. 湟戈維洛夫 (Извощиков 和 Неговелов, 1954)的方 法,沒有考虑到上述的困难。

X. Н. 波奇諾克 (Починок, 1958) 前不久发表的著作中提出自然条件下的光合作用定量測定法,这个方法的基本原則也就是自动滴定。作者建議把 100 毫升較强的重晶石滴定溶液和茴香油酞(用作指示剂)的混合物注入吸收器。在 рН 为 9.4,即在比酚酞的碱性(рН 8.2)較高的情况下,这种指示剂可以褪色。因此,如使用茴香油酞,在空气被很好噴散的情况下,当重晶石还可以吸收空气中所含的二氧化碳时,就能看出測定結果。作者的資料証明,用这个方法測定光合作用能达到完全令人滿意的精度。遺憾的是,这种仪器的份量很重,而且体积很大;其組成部分是 6—8 个安装在高架上的金属抽吸器,带有滤光器 (гляссфильтр) 的玻璃吸收器,测量空气体积的电流計和叶箱。因此,只有在固定的試驗地段工作时才可以使用。

現在来总結一下上述以計算碱性溶液所吸收的二氧化碳的数量(按照溶液滴定变化)为基础的各种測定光合作用方法的概述。

为了植物同化作用生态-生理研究的需要,制訂这类的方法是非常有益的。这样的工作实质上使几乎全部光合作用測定法,特別是使以二氧化碳定量測定为依据的各种方法的原則基础的认識深入了一步。有关保証正常供应植物同化器官以光合作用过程中所吸收的二氧化碳的各种因素的研究結果有特別重要的意义。例

如,已經了解到,測定光合作用,特別是自然条件下的光合作用, 只有在新鮮大气气流中才能进行,因为在空气不流通的密閉系統 中的測定所得出的結果是很少可靠的。

然而,这类方法的研究至今尚未創造出适于野外考察中研究 光合作用的仪器。現有的一切仪器都不能在箱內叶片短时曝光的 条件下測定光合作用,因为这往往会引起叶片过度增热。要进行 大規模的快速測定都不能用这些方法。此外,現有結构的仪器都 有很大重量,并有一系列不便于在自然条件下进行工作的其它弱 点。

因此,最近几年来在自然条件下測定光合作用宁顧采用我們 下面要談的另外的一些方法。

根据测量指示溶液的 pH 值 以测定光合作用

近年来,人們积极地研究了以与二氧化碳相接触的指示溶液的 pH 值測量为基础的光合作用測定法。这类測定的原則在于:在某些情况下,在强烈稀释的酸式碳酸盐溶液与它上面的气态二氧化碳之間可能处于平衡状态。空气中二氧化碳与溶液之間的这种平衡状况可用下列方程式表示:

空气 NaHCO₈+H₂O 溶液

GO₂(气体)→GO₂(溶解的)+H'+OH'+Nā+HGO'₃+GO'₃'

如果达到了平衡状态,那么溶液中氢离子(pH)浓度就相当于 与这种溶液相接触的空气中的分压。

三十年代里,芬兰的物理-化学家高柯,卡尔柏格和 薩雅尼耶米(Kauko, 1932,1934a, 1934 b, 1935; Kauko 和 Garlberg, 1935; Garlberg, 1936; Sajaniemi, 1936) 研究了强烈稀释的酸式碳酸盐溶液(0.001 N NaHCO₃+0.099 N KGl)的 pH 值¹⁾和CO₂(PCO₂)

¹⁾ 加氯化鉀是为了减少測定 pH 时的"盐分修正"值。

分压之間达到平衡的条件。

正如实驗所表明。如果碳酸气在 10—15 分钟內 通过溶 液被 吸收了, PCO₂ 与氦离子浓度之間就可出現平衡。

在这个平衡系統中,pH 对 GO_2 分压有下列的經驗关系式 $0.94 \cdot \lg P = a - pH$,

式中P表示溶液上面空气中的 CO_2 分压(以大气压計), a 值是随温度而变化的常数。这样, 測量了pH 值(7.2至8.5)和溶液温度之后,就可根据这个公式算出与这种溶液平衡了的二氧化碳的含量。

在上述实驗的基础上制訂了空气中二氧化碳浓度的簡易測定法。

如果把吸收二氧化碳的同化叶片引入平衡系統,那么在空气和溶液之間就可能出現新的平衡状态。在新的平衡中,溶液的 pH 所升高的数值就相当于被叶片吸收的 GO₂ 的数量。因此,根据試驗前后溶液 pH值的差別,可以确定光合作用的强度。同样也可测出呼吸作用的强度(这时,pH值下降)。

早在奧斯特尔高特(Osterhout 和 Haas, 1918)就提出过利用 这个原則来測定水生植物光合作用的强度。但只有在高柯和卡尔 柏格的上述著作之后,才有可能把它用于陆生植物。 奥 尔 維 克 (Ålvik,1939)也曾这样作过,他根据指示溶液pH值的測定,提出了 在自然条件下測定光合作用强度的方法。

用这个方法測定光合作用的程序可大致 归納 为下 列几 步手續。

将 2—3 毫升的 0.001 N. 酸式碳酸 盐 指示溶液 (0.001 N. NaHCO₃+0.099 N. KCl) 注入容积为 500—600 毫升的圓底烧瓶 (图10),并在溶液中加入 2 滴 0.2%的甲酚紅酒精溶液 (спиртовой раствор крезолрота)。将这种烧瓶挪近被研究的植物,并在植物旁边敞开几个小时,以使酸式碳酸盐溶液能与周围空气中的 GO₃发生平衡。过了这个时間以后,对比溶液的颜色和带有指示剂的标准缓冲溶液的颜色(見下),借以确定溶液的 pH 值。然后,将被

研究枝条或植物叶片固定在瓶塞上,具有悬掛在溶液之上的叶子的烧瓶紧紧塞好, 并将烧瓶重新置于植物生境的自然条件下 若干小时。第二次測定溶液的 pH值之后,計算叶片在曝光时間內所吸收的二氧化碳,然后,計算它的光合作用强度。

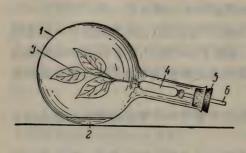


图 10 采列尔式同化烧瓶 1—烧瓶,2—酸式碳酸盐溶液,3—植物枝或叶, 4—潮湿滤紙,5—橡皮塞,6—玻璃棒。

从上面的概述可見, 奧尔維克的方法很簡便, 幷且不須要复杂的仪器。 这个方法的出現很快地引 起了許多从事自然条件下 植物光合作用研究的生态 学家們的注意。在头一个 时期,也和奧尔維克的工 作一样,一般都是在必 須測定很低的光合作用

(例如,溫度接近于零下,或光照强度很有限)强度时才用这个方法。例如,瓦尔特(Walter, 1944—1949)、采列尔(Zeller, 1951)和克 劳泽(Krause, 1953)用这个方法測量了針叶树种的冬季光合作用和呼吸作用。朗格(Lange, 1953)和布廷(Butin, 1954)研究了地 衣的光合作用和呼吸作用,地衣的这种过程的强度也是很小的。无論是奥尔維克,或者是瓦尔特(Walter, 1951)都未赋予所获得的 結果以严格的定量意义,因为他們主要不是分析光合作用强度的 絕对值,而是分析一定条件下植物的光合作用和呼吸作用之間的 平衡发生变化所經历的时間。这样,奥尔維克方法的最初形式不 过是一种定性方法,只适于測定較低的光合作用强度。

在后来的工作中,奥尔維克对待自己的方法远不是 經常保持 这种慎重态度,因此,无論在方式上,或者在分析上都引起了許多 混乱(Zelter, 1951; Силева, 1955;等等)。

弗伦采尔(Frenzel, 1955)对这方法进行了批判性的研究,指出了在配制溶液和計算光合作用結果方面的一系列实际錯誤,并且这些錯誤被从一項工作又带到另一工作中(Walter, 1944—1949;

Zeller, 1951; Paech u. Simonis, 1952; Krause, 1953; Butin, 1954; Farkas, 1954; Ничипорович, 1955; Силива, 1955)¹⁾, 于是, 清楚 了这个方法的缺点真相。弗伦采尔对奥尔維克方法的主要反对意 見在于,烧瓶中,空气和指示溶液中 GO2 的含量沒有达到平衡,即 使实驗延續时間很长(約12小时)也是如此,而气体交換的强度却 很低(0,2-1.6毫克 CO₂/小时)。这是因为,在奥尔維克的方法中 沒有通过指示溶液吸收被研究的空气,如前述高柯和卡尔柏格的 著作所建議的那样。因此,烧瓶中植物叶片曝光时間的延长不仅不 能保証空气和溶液中GO2的分压力达到平衡状态,而且,首先是导 致光合作用强度因二氧化碳的不足而大大降低, 正如在依万諾夫 和科索維奇(Иванов 和 Коссович, 1946)的烧瓶中所发生的那样。 后一种情况是完全可以理解的, 因为注入烧瓶的酸式碳酸盐溶液 只有指示剂的作用,根据它可測定氢离子的浓度。这种溶液,以及 烧瓶中的空气, 无論如何也不可能是什么足以保証植物同化叶片 以二氧化碳的源泉2)。此外,长时放在閉塞烧瓶中的叶片很快就处 于完全不能与自然情况相比的小气候条件下。

上述的事实和設想使弗伦采尔可以完全正确地认为: 奧尔維克的方法和它的全部变体(都未考虑到通过指示溶液吸收空气的必要性)对光合作用的生态-生理研究是毫无意义的。尽管如此,以指示溶液 pH 值的測定为基础的光合作用强度測定法的进一步研究是非常重要的。目前已經出現制定这些方法的两种可能。其中之一是 A. A.尼奇波罗維奇(Ничипорович, 1955)提出的,他建議增加注入同化烧瓶的酸式碳酸盐溶液的量。作者认为: 用这种方式,酸式碳酸盐溶液不但可以用作同化作用所利用的二氧化碳的定量指标,而且还是以这种空气供給同化叶片的源泉。評价这

¹⁾在所有这些工作中,由于測定光合作用的偶然製差而不利用 或建議 不用卡尔柏格溶液 $(0.001\ N.\ NaHCO_8+0.099\ N.\ KCl)$,而用 pH 值不同的 $0.001\ N.\ NaHCO_3$ (或碳酸鈉)純溶液。此外,这些工作抄錯了空气中 CO_2 含量与 $0.001\ N.\ NaHCO_3$ 溶液的溫度和氫离子浓度的依賴关系表。

²⁾在容积 500 毫升的烧瓶的空气中約含有 0.25 毫 克的二 氧化碳,而在 0.001 N. 的NaHCO₃ 溶液中只有 0.16 毫克。

个建議时,必須注意,无論是进行准确的光合作用測定所必須的时間(通过这个时間,溶液和空气之間二氧化碳的分压力建立平衡),或者是从溶液中释出的二氧化碳的数量都取决于 GO₂ 从液态向烧瓶的气态空間的扩散速度。如弗伦采尔的資料和苏联科学院植物研究所光合作用实驗室的試驗 (О. А. Семихатова) 所証明的一样,气态空間和溶液之間的 GO₂ 的这种交換速度原来比光合作用过程中二氧化碳吸收速度低得多。

因此,植物叶片,即使它的光合作用强度很小,只要它是放在烧瓶中,在最初几分钟的曝光时間內就要降低气态空間中的 GO₂ 含量。由于 GO₂ 从溶液中释出的速度小,所以光合作用将因二氧化碳的不足而受到限制,光合作用的强度也将下降。过一定时間之后,在光合作用强度和溶液中二氧化碳的释出速度之間可能达到平衡状态。但是,这种平衡状态当然无論如何不能說明叶片光合作用的实际强度。它自己也是以叶片面积和溶液表面大小之間的关系,以烧瓶中液体的体积和气态空間的比例,以温度和其它偶然因素的变化为轉移。因此,A. A. 尼奇波罗維奇认为,用增加注入烧瓶中的酸式碳酸盐溶液的量这个办法不能达到对光合作用作正确定量分析的目的,这是完全正确的。

如果以瓦尔布尔格 (Bapбypr) 緩冲混合物溶液代替酸式碳酸 盐溶液和根据它們的 pH 值的变化(这比緩冲剂滴定合理一些)測 定光合作用强度,上面各点見解也是适用的。与光合作用强度相 比,密閉烧瓶中溶液和空气之間二氧化碳的交換速度較小,所以不 能采用这类方法来測定植物的同化作用。

为了提高空气和液体之間的二氧化碳交換速度,可以采用攪拌,增加液体表面、气态空間体积等之間的比例。然而,如弗伦采尔和其它許多資料所表明,所有这些措施实际上都不能使 GO₂的交換速度增加到根据 pH 值的測量以測定 光 合 作用 所必 須的数值。如根据高柯和卡尔柏格(Kauko u. Garlberg, 1935)測定气体混合物中 GO₂含量时所作的那样,要在这方面达到如 所期 望的实际結果的唯一可能性是要通过酸式碳酸盐溶液吸收空气。最近以

来,正是在这方面进行了工作(Lange, 1956; Čatstý, Šlavík,1958a, 1958b)。这些工作表明:根据上述原則創造一个簡单的方法,在自然条件下既可測定强度小的,又可測定强度大的光合作用,是一項完全可以解决的任务。

上述的工作中,值得注意的是恰特斯基(Čatský)和 斯 拉 維克 (Šlavík)在捷克斯洛伐克科学院植物研究所完成的 两項 研究。作者在其中第一項研究(Čatský, Šlavík, 1958 a)中所提 出的 方法是 奥尔維克方法的新变体:利用两头开口的同化烧瓶模型(图 11)。 从图上可以看出,用这种烧瓶,不用取出叶片,在两次試驗的間隔

中可以更換空气 和溶液,并且,在 讀数时,把指示 溶液倒入专門的 試管中,就可判 定溶液的颜色。 然而,这种变型 原則上并未消除 奧尔維克方法所 固有的缺点。

在第二項研究 (Čatský u. Šlavík, 1958 b) 中,作者力图縮短空气和溶液中 GO_2 分压力之間建立平衡所必須的时間,于是,一般地放弃了用密閉的同化烧瓶来调定光合作用强

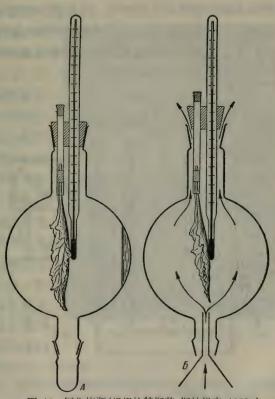


图 11 同化烧瓶(根据恰特斯基,斯拉維克,1958a)
 A——带有閉塞試管的烧瓶;
 Б——在各次曝光之間更換空气。

度。代之以另一个方法:在这种方法中很成功地把在流动新鮮空 气中測定光合作用的原則上的优点与簡便得多的仪器結合在一起 了。下面就詳細介紹一下恰特斯基和斯拉維克法中一个最便于研 究自然条件下光合作用的一个方法。

組成測定光合作用强度所必須的仪器是: 叶箱, 測定指示溶液 pH 值的測定器,一套标准指示剂,吸收空气的小泵和根据刻度可以計算空气体积的电流計(图 12)。叶箱是一个一端开口的袋子,用透明的聚乙烯贴成,袋子的大小以叶片的大小为轉移。未与植物分开的叶片和温度計、T 形聚乙烯管一起装入叶片袋,通过 T 形管的末端吸收叶面上的空气。叶片袋开口的一端在叶柄附近摺上两角, 幷用迴形針別住。用橡皮管把聚乙烯管与測定器联接起来(图 13)。这种測定器是由高級白玻璃作成的管子(高 20 厘米,

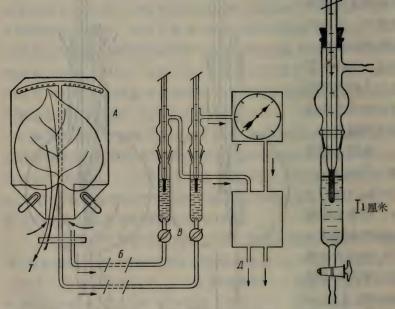


图 12 在气流中测定光合作用的装置图式(根据恰特斯基和斯拉維克,1958 b) A——聚乙烯叶片袋, 5——橡皮管(长数米,通向同化室),

A ——聚乙烯叶片袋,B ——橡皮管(长数米,通向同化室),B —— CO_2 吸收器, Γ ——电流汁, Π ——双重 隔 膜 式 泵 (电池供电)。

图 13 恰特斯基和 斯拉維克的 吸收 GO₂ 的測定器

直径 1.5 厘米)制成,中部膨大呈球形,上部有一个小排水管。測定器下部由玻璃开关关住。上端由聚乙烯塞子密封,溫度計則通过塞子插入測定器。測定器上部的排水管被橡皮管与測量被吸收空气体积的普通毛发电流計,进而与小型隔膜式泵(4×2厘米)联接起来。为了測定光合作用(或呼吸作用),应同时最少用两套上述的仪器进行工作,其中一个測定植物周围空气中 GO₂ 的含量(对照),另一个在同化叶片吸收二氧化碳之后測定空气中剩下的GO₂ 的含量。仪器套数可以增加,这样可以大大增加測定的次数。

恰特斯基和斯拉維克的全套仪器(图 14)由 4—6个測定器和

电流計以及同等数量的叶 箱組成。每一对泵(图15) 靠电压大約为20伏左右 的直流电动机发动,以12 公升/小时的平均速度通 讨叶箱、測定器和电流計 吸收空气。电动机的电源 是供手电筒用的干电池 (4个电压为4.5伏的电池 供給一个电动机)。电池每 工作40小时换一次。仪器 安装在一个很方便的、带 有可折叠的小桌的硬鋁盒 (22×30×32厘米)中。 整 **奎仪器和备用电池再加全** 套标准指示器的总重量約 3 公斤左右。工作开始前,

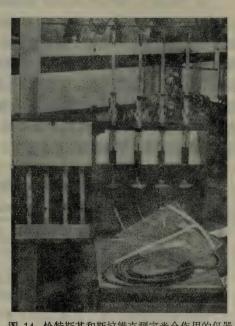


图 14 恰特斯基和斯拉維克測定光合作用的仪器

要先准备好碳酸氢盐指示溶液和一套标准指示剂。

如前所述,酸式碳酸盐指示溶液是溶解在蒸餾水中的、酸式碳酸鈉 $(0.001\ N.)$ 和氯化鉀 $(0.099\ N.)$ 的混合物 $^{1)}$ 。酸式碳酸盐溶

^{1) 0.084} 克 NaHCO₃+7.381 克 KCl/蒸餾水1000毫升。

液配好后,在溶液中加入 (每1公升溶液 20毫克) 指示剂混合物,后者由甲酚紅 (крезолрота, 20%-M 乙醇中的 0.1%) 和茴香蓝 (тимолблау, 90%-M 的乙醇中的 0.2%)溶液組成。指示剂以1:1混合,用它們可以对氢离子浓度在7.5至8.6范围內的变化作比色測定,精度为±0.02 рН。当酸式碳酸盐溶液的 рН 发生变化时,这种指示剂混合物的颜色便由黄綠(рН7.6)变到深蓝(рН 8.1)再变到紫色(рН 8.6)。

为了准确地測定 pH 值,必須有一套标准指示剂。为此,要配制两种原溶液(混合时形成硼酸盐-硼酸緩冲剂):

- 1) Na2B4O7·10H2O(19.108克/1000毫升蒸餾水);
- 2) $H_8BO_3(12\cdot45\,\bar{c})+NaCl~(2.925\,\bar{c})/1000$ 毫升蒸餾水。 以不同比例混合这些溶液,并在溶液中加入与配制酸式碳酸盐溶液时相同数量的指示剂(甲酚紅+茴香蓝),于是,便得到一組具不同顏色和 pH 值的混合物。应每隔 0.03 个单位的 pH 值就有一組这样的混合物,因为,在空气中 GO_2 含量正常 (0.5 毫克/公升)的情况下,溶液中的 pH 約为 8.2 (溫度为 20° 时)。配制标准顏色指示剂,最好利用表 2 的数据,那里列举了不同比例的硼砂和硼酸溶

表 2 在不同比例的硼砂和硼酸溶液中的 pH 值*

(根据 Zeller, 1951)

pH	溶液量	k(毫升)	pH.	溶 筱 量 (毫升)	
	硼砂	硼酸和氯化鈉	PII	硼砂	硼酸和氯化鈉
7.5	13.0	87.0	8.2	35.0	65.0
7.6	15.0	85.0	8.3	39.5	60.5
7.7	17.5	82.5	8.4	44.5	55.5
7.8	20.5	79.5	8.5	49.5	50.5
7.9	23.5	76.5	8.6	55.0	45.0
8.0	27.0	73.0	8.7	60.5	39.5
8.1	30.5	69.5	8.8	67.0	33.0

^{*} 溶液浓度同第 329 頁

液中的 pH 近似值。然而,各种标准颜色指示剂的 准确 pH 值 最好是用氢离子浓度測量計来測定¹⁾。

配好的混合物灌入(10毫升)小玻璃瓶,瓶子的直径玻璃品种和壁的厚度与光合作用測定仪中的測定器相同。为了使測定器中的酸式碳酸盐指示溶液的顏色与标准指示剂的顏色能尽可能准确地进行对比,这是必要的。为了消毒,把一顆茴香油小晶体投入到盛有标准指示剂的每个小玻璃瓶中。然后,熔封玻璃瓶。在不进行光合作用測定的时候,标准指示剂保存于低溫的暗处。当小玻璃瓶中溶液的顏色发生变化时,必須对照訂正 PH 值。如果溶液混浊了,就必須換用新的溶液。

根据恰特斯基和斯拉維克的方法測定光合作用,酸式碳酸盐 指示溶液 (10毫升左右) 要注入測定器中。被研究植物的叶片或 枝条放入叶箱,挨着叶箱放置吸收空气的小管,以測定其中二氧 化碳的浓度(对照)。接通小泵后, 空气的小气泡就可通过酸式碳 酸盐指示溶液。由于强烈的混合,仅在最初的4-7分钟内,对照 測定器和試驗測定器气流中 CO。的分压力和酸式碳酸盐指示溶液 的 pH 之間就达到了完全的平衡, 正如高科 (Kauko, 1935) 和朗格 (Lange, 1956)的試驗所表明的那样。过10分钟,切断小泵,关上 开关,通过与标准指示剂的对比,确定对照测定器和試驗测定器中 溶液的 pH 值。进行測定时,要記載溶液的溫度、通过叶箱的气流 的溫度和速度(电流計上的标度是公升/小时)2)。通过測定器上 开关的运动可以記載气流的速度。这样, 使我們有可能根据溶液 pH 值的变化来注意, 使通过叶箱的空气中的二氧化碳 (在光合作 用过程中被吸收的)不致减少25-30%以上。此外,調节通过对 照測定器和試驗測定器的气流的速度,可以这样准确地确定各測 定器中指示溶液 pH 值的差别,以致足以保証精确地对叶片所吸

¹⁾ 在 H. H. 依万譜夫(Иванов, 1946), О. А. 瓦尔特, М. М. 比湼維奇和 H. H. 瓦拉索娃 (Вальтер, Пиневич и Варасова, 1957) 的实驗教程和許多专門指南都介紹了測定 рН 的电測法。

²⁾ 为了测定空气(对照)中 CO₂ 的含量,沒有必要测定它的体积。

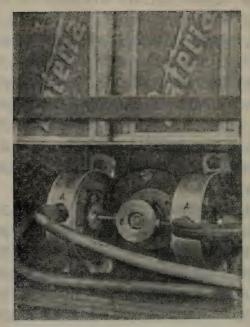


图 15 恰特斯基和斯拉維克的仪器中抽吸空气的 隔膜式泵 A——泵, B——泵的隔膜,B——馬达軸上的偏心輪, ——电池組。

收的二氧化碳的数量进行比色测定。因为测定器中酸式碳酸盐指示溶液的性质在空气渗入时不会发生变化(除非水分蒸发引起了浓度的某些变化),可以作5—6次测定而不更换它。仪器和特别是指示溶液和标准溶液应該遮阴,防止太阳直接輻射。

为了計算光合作 用的强度,首先必須 根据 pH 值求 出通过 对照測定器和試驗測 定器的空气中所含二 氧化碳的数量。恰特 斯基和斯拉維克根据

朗格(Lange, 1956)算出的經驗曲綫系(图 16)可用来进行这步工作。

期格會提出下列在 GO₂ 的分压力和与它发生平衡的酸式碳酸 盐指示溶液的 pH 值之間的新的依賴关系:

$$1.02 \cdot \lg P = a - pH$$

或

$$pH = a - (1.02 \cdot \lg P)$$

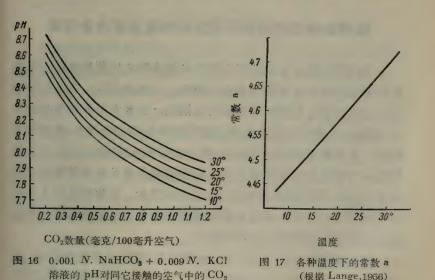
此外,他重新計算了溫度常数 a (图 17)。得出 P 的一定值, 幷根据上列公式算出 pH 值,就可以作 pH 值和空气中二氧化碳含量之間的依賴关系曲綫图。

假設对照測定器中酸式碳酸盐溶液的 pH 当溫度为 25℃时等

于 8.06 ± 0.02 ,根据图 16 的曲綫,可以看出,25°C时,与酸式碳酸 盐指示溶液发生平衡的 空 气 中 含 有 0.821 ± 0.036 毫克 $GO_2/公$ 升。在試驗測定器中,溶液溫度为 26°C,查出的 pH 等于 8.21 ± 0.02 。这个数值与 0.580 ± 0.028 毫克 $GO_2/公$ 升相符合。可見,叶片从每公升空气中所吸收的二氧化碳是 0.821-0.580=0.241 毫克。由此,知道了通过叶箱的空气体积,叶片的面积或重量和它的 曝光时間,根据普通公式就能算出光合作用的强度。

上述例子表明,在两种情况下測定 GO₂ 数量 的 誤 差 平均为 ±5%,根据恰特斯基和斯拉維克的資料,最大 誤 差 也 不 超 过 ±10%。大多数其它最精确的方法也是一样,測定光合作用强度 (按对照測定器和試驗測定器中測得的 GO₂ 数量之差計算)的相对 誤差一般是 20%左右。这里还应加上在測定吸收空气 体 积 时所产生的誤差,后者大約等于±5%。

上述方法的主要优点在于,由于新鮮空气通过酸式碳酸盐指示溶液的积极渗入,就有可能比較快地(过5—10分钟)在該空气



数量的依賴关系(根据 Čatský, Šlavík,

1958a)

中 GO₂ 分压和溶液 pH 之間达到稳定的平衡,因此,这种方法可以保証經常地和很有节制地供应同化叶片以二氧化碳,这样,不但有利于測定强度小的光合作用,而且有利用測定强度大的光合作用。此外,用这个方法提供在全部时間都有新鮮气流通过的叶箱中,叶片曝光較短的情况下測定光合作用的可能。因此,叶箱和自然条件下小气候因素的差別就大大减少了。最后,上述方法所遵循的測定光合作用的原則本身使我們有可能采用比較簡单的仪器。可見,在恰特斯基和斯拉維克的方法中,成功地把在新鮮大气气流中測定光合作用的一切优点和測定光合作用强度的比色法的簡单性結合了起来,这在植物自然生境条件下进行工作时是特別重要的。

这个优良方法的进一步完善应該是指望創造一种特殊結构的泵,它不但可以吸收空气,而且同时可以測定空气的体积。此外,必須寻求配制不因溫度和光照强度的变化而改变的标准指示剂的方法。同时,最好能有适当的仪器对光合作用强度的变化进行不断的光电記录。

根据碱性吸收溶液导电性的测量测定光合作用

下列各种測定光合作用强度的电測法都是以測量吸收二氧化碳的碱性溶液的电导率(或它的倒数——欧姆电阻)为基础的方法。这些所謂电导測定的原則的依据是:在其它条件相等的情况下,溶液的电导率或电阻取决于这种溶液中离子的組成、浓度和迁移率。如果溶液吸收二氧化碳,那么它的組成将发生改变,并且在吸收一定数量的二氧化碳之后,这种溶液中离子的迁移率将显然减小。因此,溶液的电导率变小,而电阻增大。在溶液中放上銷金的或鍍鉑金的电极,并使它們与惠斯登电桥的电路和电源連接起来,就可以測定溶液的电导率数值。

惠斯登电桥 (图 18) 是一个补偿电路,它由 4 个电阻組成,其中一个 (R_1) 是未知电阻(溶液),一个 (R_2) 是已知电阻,还有两个 $(R_3$ 和 R_4)是可变电阻。可变电阻通常由标准电綫(滑綫变阻器)

作成,后者被滑动接触点(流动接触点)分为两部分。流动接触点)分为两部分。流动接触点的移动能改变可变电阻的比率,通过这一办法,就可以实现綫路中电流各电位的平衡。如各电阻的比例相等,电流就不会通过电桥的指示电路。这时,任何电示仪(Электроиндикаторный прибор),如检流計、电話机等,都可記录到綫路

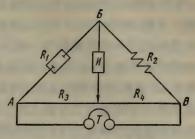


图 18 惠斯登电桥电路图 R_1 ——未知电阻, R_2 ——电阻箱, R_3 , R_4 ——可变电阻,H——电源, T——电話机.

中沒有电流。在这种情况下,电桥各电阻之間存在下列的比例关系:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

如果有一个电阻,例如 R_1 ,是未知的,那么就可从上列方程式算出它的数值,因为:

$$R_1 = R_2 \frac{R_3}{R_A}$$

根据滑綫变阻器的刻度(上面有电綫长度的比例,指示器所指出的流动接触点的相应位置)可以求出电阻 R_3 和 R_4 的比值,电阻箱就是 R_3 。这样,就可以算出碱性溶液的电阻或它的电导率了。

凱因和馬克思威尔(Gain a. Maxwell, 1919) 曾利用这一原則来計算空气中二氧化碳的含量在熔炼鋼时所发生的变化。1933年,斯頗尔和馬克吉(Spoehr a. McGee) 首次地把它用来計算光合作用的强度。从此,借助碱性吸收溶液电导率的測定来研究光合作用的方法在世界各国得到了广泛的研究。可以找出50来篇从不同角度改进光合作用和呼吸作用电导測定法的著作来。

不久以前, В. Л. 沃茲湼先斯基(Вознесенский, 1958 年) 會将 这些工作作了概述。因此, 下面我仅談一談这类方法最重要的特点 和分析它們的基本优缺点。

与前述的化学方法相比較, 光合作用电导测定的主要优点在

于:可以直接在吸收器中迅速地測出溶液所吸收的二氧化碳的数量。这样,研究者就可以不去进行費时很多的碱性滴定,不要使用大量的溶液和玻璃仪器等。此外,在同一数量的溶液中(吸收器中的溶液不用更換)可以进行好几次測定。最后,根据溶液电导率的变化,对碱性溶液所吸收的二氧化碳进行定量測定,其准确度在一定的条件下可能比化学滴定高。因此,与其它許多研究方法比較,电导測定法在原則上可以借助于比較輕便的仪器对光合作用和呼吸作用强度进行快速而准确的大量測定。

这个方法在研究植物气体交換过程方面的实际应用方式的研究是根据好几个方向进行的。例如,由于托馬斯(Thomas)及其同事們的工作(Thomas, 1933; Thomas 和 Hill, 1937, 1949; Thomas, Hendricks 和 Hill, 1944)創造和利用了在定位条件下連續自动記录光合作用和呼吸作用变化的仪器(自动測定仪)。这种記录大室(里面包括好几个栽培植物小区)空气中 GO₂ 含量变化的自动記录器,使作者們有可能收集关于一昼夜期間气体交换强度日变化和光合作用对于光照、溫度及二氧化碳浓度的依賴关系等的大量实际資料。

戈尔德格依德、胡柏尔和斯托克尔(Holdheide, Huber 和 Stocker, 1936)建議在自然条件下研究植物的光合作用和呼吸作用时采用电导測定法。他們为此設計了輕便的野外仪器。自然条件下植物气体交換过程强度的电导测定法后来不止一次地得到了改进(Beiler 和 Schratz, 1937; Stocker, Rhem 和 Paetzold,1938; Schanderl 和 Bosian, 1939),并被广泛应用。

最后,在1952年,吳尔弗、布朗和戈达尔德(Wolf, Brown a. Goddard, 1952)測量了瓦尔布格仪器測压管中的电导率,这种仪器可以同时記录在光合作用中所发生的二氧化碳吸收过程和氧气的析出过程。

然而,尽管光合作用电导測定法的研究在各方面都有很大的成績,但到現在为止还未被大量采用。这是由于这个方法存在着一个严重的缺点,即碱性溶液的电导率在很大程度上以温度为轉移。

从最初的一些著作开始,所有的文献都指出,根据电导率定量測定被吸收的 GO₂ 时,必須非常准确地(0.002—0.05°C)保持碱性溶液温度的恒定性(Harvey 和 Regeimbal, 1926; Hoover, Johnston和 Brackett, 1933; Brackett, 1935; Newton, 1935 等等)。为此,有人建議用套筒把盛溶液的吸收器围起来,使来自超級恒温器(ультратермостат)的水流流过套筒。这样,仪器就要大大复杂化,在許多場合下,特別是在自然条件下进行工作时,这是完全不可能的。

为了避免使溶液保持恒温,曾經提出了好几个繞弯的办法。例如,戈尔德格依德、胡柏尔和斯托克尔(Holdheide, Huber u. Stocker, 1936)以及追随他們的一系列其他学者,建議在每次測定电导率时,根据放在吸收器中的溫度計上的讀数,記下碱性溶液的溫度。然后根据为每个吸收器和每一給出溫度确定的校准曲綫对电导率的改变作溫度訂正。弗里德曼(Fridmann, 1933)建議把电导率的所有測定結果都按下列公式換算为同一个溫度(18°);

$$K_{18} \circ = \frac{K_{\text{T}}}{1 + C(T - 18^{\circ})} \circ$$

这个公式中的 K_r 代表在吸收器中 一 定溶液溫度情况下所測得的溶液电导率,C——溫度系数,=0.02。 誠然,弗里德曼的公式沒有考虑到。 无論在溫度改变时,或者当吸收二氧化碳,碱加剧轉化为酸式碳酸盐的同时,溫度系数都是要发生变化。

我們认为,在測量光合作用时实际采用上述溫度訂正的方法 是完全可能的,因为在这样的实驗中,GO2浓度測定的精确度比起 由于叶片的生物学不一致性所造成的誤差要高得多。然而,在自然 条件下工作时,那里在測定电导率的时間內可看到溫度的显著变 化,进行上述的訂正完全必要,但这要大大使工作复杂化。因此, 基于本測量原則的、在自然条件下研究光合作用的方法至今还未 得到大量的推广,而且,近年来用这些方法所完成的研究工作也大 大减少了。

尽管存在上述的情况,目前在苏联的許多科学研究机构还在

继續研究自然条件下光合作用的电导測定法¹⁾。例如, В. Л. 沃茲 湟先斯基(Вознесенский, 1958)在苏联科学院植物研究所光合作用 研究室便研究了在測量碱性溶液电导率时避免进行温度訂正的可能性。根据文献中为数不多的报导(Friedmann,1933; Wolf, Brown 和 Goddard, 1952; Крюков,1954)和自己的实驗研究,沃茲湟先斯基建議在上述的惠斯登电桥的綫路中用已知的标准电阻 R₂来代替注入吸收器中那种碱性溶液的电阻。經过这种替换后,把标准碱性溶液作如此的安置,使它的温度和吸收器中溶液的温度的可能变化同时发生,最后,测定这些溶液的电导率的比率。从表 3 可清楚地看出改进方法的意图,这个表說明了两份碱性溶液的电导率对温度的依賴关系,以及两种溶液电导率数值之間的比率对温度的依賴关系。

表 3 两种碱性溶液电导率和它們的电导率比率对温度的依賴关系

(根据 B. J. 沃茲湼先斯基, 1958)

溫 度	电导率(1/欧姆)		两种溶液电
	第一种溶液	第二种溶液	导率的比率
9.5°	0.0440	0.0305	0.694
16.5	0.0516	0.0357	0.694
20.0	0.0572	0.0398	0.698
24.5	0.0588	0.0410	0.696
34.5	0.0714	0.0495	0.694
41.0	0.0764	0.0532	0.696

从表3資料的分析可以看出,尽管每种溶液的电导率与温度有显著的依賴关系,但是,两种溶液电导率的比率在不同温度下实际上都仍是一个常数。显然,不超过2%的个別出入应該归因于測量的誤差。因此,計算吸收二氧化碳的碱性溶液的电导率与标准溶液电导率之比,实际上可以不考虑所获得結果对温度变化的

¹⁾ 苏联科学院 K. A. 季米里亚捷夫植物生理研究所, 苏联科学院 B. J. 科馬罗夫植物研究所和烏克兰植物生理研究所都在进行这个方向的工作。

依賴性。用电导測定法在自然条件下研究植物光合作用时,这一情况有很重要的意义。

我們有了上列的資料,現在可以轉而来叙述光合作用(或呼吸作用)强度电导測定的仪器和方法。 我們就以 В. Л. 沃茲涅先斯基(Вознесенский, 1958) 所提出的測定自然条件下光合作用的仪器(图 19)作为叙述的基础。

叶箱的形式可以根据 叶片或枝条的大小和形状 来决定。本仪器中叶箱是 由有机玻璃作成,它被固 定在仪器座上的活动三角 架上。对照空气从叶箱开 口的一端进入其内侧壁上 的玻璃管。

吸收器組也是用有机 玻璃制成。它由两个(对 照的和試驗的)具有公共 內壁的吸收器(3×3×45 厘米)和位于两吸收器之 間的标准測量眼孔(3×3 ×3厘米)組成。在各吸收 器的下部,为了噴散气流 而粘上了一层玻璃、滤和 测量眼孔的是面积为6平 方毫米的白金电极,而且 有3个电极(每个容器平 有3个电极(每个容器 有3个电极(每个容器 转起来。这根电綫延长与

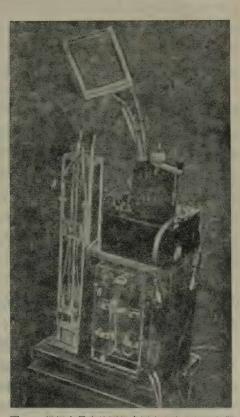
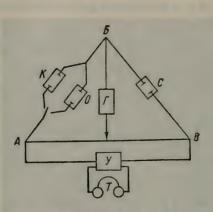


图 19 根据电导率的测量来测定光合作用的仪器 (根据沃茲湼先斯基,1958) a——叶室; 6——吸收器組;

α——叶室;δ——吸收器組;ε——电測綫路。

測量电路的 δ 点相接(图 20)。吸收器的另外两个电极輪流地接于

这一綫路的 A 点,經常接于 A 点的是标准测量眼孔的第二个电极。每个吸收器都有引入管和导出管,其中一个与叶箱(或者,在对照吸收器中,与空气)相联,另一个与泵相接。吸收器上部作有密合地关閉起来的口供注入溶液和冲洗水之用。与用化学方法测定光合作用一样,这类方法中所利用的吸收器也应保証通过它們的气流中的 CO₂ 能够完全被吸收。CO₂ 完全被吸收与否应預先測定。



· 鈉碱(NaOH) 和鋇碱 [Ba(OH)₂·8H₂O] 都可用作吸收溶液。如果用鋇碱,那么所形成的 BaGO₃ 就几乎全部会从溶液中沉淀出来,在恒溫下,这种溶液的电导率变化实际上与碱的浓度成正比。如果用NaOH, 那么所形成的碳酸鈉則仍在溶液中呈解离状态。因此,一定量 GO₂的被吸收所引起的电导率下降在 NaOH 溶液 中 比在 Ba(OH)₂溶液中微弱。用

NaOH时,下降的数值沒有在 Ba(OH)₂溶液中那么容易計算。此外,为此还得利用經驗的校正曲綫(見下面)。

然而,在实践中应用鋇碱也有它的缺点。第一,在吸收 GO₂ 时 从溶液中沉淀出来的 BaGO₃ 微粒很容易以一层薄膜把电极盖起来 并把滤紙孔堵塞。第二,BaGO₃ 起初是部分地保留 在过飽 和溶液 中,約經 30—60 分钟之后发生全部沉淀,只有在全部沉淀之后才 会出現恒定的电导率。根据上述情况,进行电导測量最好是用苛性 納溶液。

这种溶液的必要浓度取决于吸收器的体积 和 給 定 的分析精度。吸收器的溶液量愈少和它的浓度愈小,分析的精确度就愈高。

然而,在这种条件下,一次注入吸收器的溶液所能进行的測定次数要减少。实际上用 0.01 N 的 NaOH 溶液較为方便,配制 这种溶液可以用从碳酸盐中游离出来的純碱。母液用保险瓶保存起来,用专門的吸移管注入吸收器(每个准确地为 100 毫升)。在标准測量孔眼中也要注入这种溶液。为了有助于 GO₂ 的吸收,在吸收器的碱性溶液中还加入几滴丁醇。

在吸收器被注滿时,不容許溶液的滴定度因从 空气中 吸收了 GO₂ 而发生显著变化。但是,在注入过程中,吸收少量空气中的二氧化碳并不会带来什么害处,因为溶液的最初滴定度刚刚就是第一次測定电导率时的最初数值。上述的溶液浓度和体积使我們可以对光合作用强度一連作 6—7 次測定而不更換溶液。

进行光合作用的电导測定,可以采用各种能准确地測量放出的空气体积的泵。在沃茲涅先斯基的仪器中,制造泵是用两个医疗注射器,轉动手柄就可开动它的活塞。泵的活門是用真空橡皮管制成,而空气的量是根据脚踏轉数計的刻度来計算。活塞泵体的工作容积可能有所不同,但容积本身及其比例务必是固定不变的。为了計算被泵抽出的空气数量,每个泵体筒的容积应預先根据气量計来确定。知道了泵体的容积和活塞的轉数,就很容易計算通过每个吸收器所吸收的空气的数量了。如果手柄每分钟轉60轉,則泵通过叶箱和吸收器所吸收的空气为30公升/小时左右。

随着无綫电測量技术的迅速发展,光合作用电导測量仪器的測量电路正在不断改善。

下面介紹一下沃茲湼先斯基仪器的应用方法。

当仪器接通时,在指示听筒中可以清楚地听到声音。根据惠斯 登电桥的活动触头,就可在滑綫变阻器表示各可变电阻比值的刻 度上找到这种声音衰减的狭窄区。得出的数字就是吸收器中碱性 溶液的电导率数值,根据它就可計算光合作用的强度或 空 气中二 氧化碳的含量。

在用上述仪器进行工作之前,其中每一个吸收器都应得到校正。为了可以确定对計算光合作用强度所必需的电导率变化与被

碱溶液所吸收的 GO_2 数量之的依賴关系,这样作是必要的。这种依賴关系曲綫对不同的吸收器(电极面积不同,它們之間的距离不同等)来說,并不完全相同。进行校正时,注入每个吸收器和标准 測量眼孔中的开始是 0.01~N 的 NaOH 純溶液,用測量电桥測量吸收器和眼孔中的溶液的电导率比例。然后,吸收器中的溶液代以不同数量比例的 NaOH 溶液和 Na_2GO_8 溶液的混合物。对每种混合物都要測定它的电导率与最初注入标准測量孔眼中的 0.01~N NaOH 溶液电导率的比例关系。

上面已經指出,NaOH 溶液在吸收 CO₂ 时所产生的 电 导率变化并不是直綫性的。因此,如果将不同数量的 CO₂ 加入到 不同碱性的 NaOH 溶液中,溶液的电导率就有不同数值 的变化。这种情

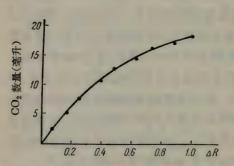


图 21 供計算被 100 毫升 0.01 N NaOH溶液所 吸收的 CO₂ 数量用的校正曲綫 ΔR——溶液电导率的变化

况使校正曲綫的描繪一定地复杂化了,其橫軸上表示的不是簡单的电导率比例,而是它們与最初數值(在吸收器0.01N的NaOH純溶液中的)的差异。纵軸上是以Na₂GO₈形式进入溶液中的GO₂的数量。图 21 即为这种校正 曲綫的实例。

現在簡述一下如何使

用沃茲湼先斯基的仪器来进行光合作用强度的測定。

首先,必須校正仪器性能的准确度。为此,必須測定通过两个 吸收器的,同样組成的空气中的二氧化碳浓度。把碱性母液注滿吸 收器和标准眼孔之后,接通仪器的电路。改变滑动小件的位置,找 出每个吸收器的声音衰减点,并根据滑綫变阻器刻度上的讀数,記下可变电阻的比值。这种数值即注入第一和第二个吸收器中的試 驗母液的电导率,以后,我們就用 $R_{\rm nex}^1$ 和 $R_{\rm nex}^2$ 来代表它們。然后,轉动泵的水柄,在 10 分钟內就可通过两个吸收器吸取同一組成的

空气。第一次測定結束后,要記下轉数計所記录的泵活塞的轉数。 再根据滑綫变阻器刻度上的音声衰减点找出可变电阻的新比值, 并記下我們吸收器上的这些数值,如 $R_{\rm on}^1$ 和 $R_{\rm on}^2$ 。計算由于 溶液 从空气中吸收了二氧化碳的結果而产生的 $\Delta R_{\rm on}^1$ 和 $\Delta R_{\rm on}^2$ 两值之 差。这时, $\Delta R_{\rm on}^1 = R_{\rm on}^1 - R_{\rm nex}^1$ 而 $\Delta R_{\rm on}^2 = R_{\rm on}^2 - R_{\rm nex}^2$,根据得出 的数值 $\Delta R_{\rm on}^1$ 和 $\Delta R_{\rm on}^2$,利用校正曲綫,求出被溶液 吸收 的二氧化 碳数量($Q_{\rm on}^1$ 和 $Q_{\rm on}^2$)。这些数值除以放出空气的体积,就可知道 空气中所含二氧化碳的浓度。如果仪器的性能正常,用第一个和 第二个吸收器对 GO_2 浓度进行的測定应該得到相同或很相近的結 果。如果这些結果彼此出入很大,那么很可能,仪器发生了什么故 障(泵的活塞的伸縮性差,活門坏了,联結管漏气等等)。

如果仪器的性能确属正常,就可开始測定光合作用的强度,吸收器的溶液不用更换。我們把第一个吸收器作为对照的,把第二个吸收器与叶箱联接起来,并放进要測定的叶片。然后,在一定的空气通过吸收器被吸收之后(空气体积根据泵活塞轉数計的指标計算),与在空气中測定 GO_2 含量的作法一样,我們重又測量溶液可变电阻的比值($R^1_{On_4}$ 和 $R^2_{On_4}$)。此外,要記載叶箱中叶片的曝光时間,确定它的面积或重量,并观測日照,溫度等等。

因为吸收器中的溶液沒有更換,因此在計算光合作用强度时,首先应求出各溶液电导率数值在試驗后的差异以及母液电导率数值之間的差异($\Delta R_{\rm on_1}^1=R_{\rm on_1}^1-R_{\rm nex}^1$ 和 $\Delta R_{\rm on_1}^2=R_{\rm on_1}^2-R_{\rm nex}^2$)。根据这些数值,并利用校正曲綫,求出每个吸收器中 $\rm GO_2$ 的数量 ($\rm Q_{\rm on_1}^1$)。不过,这个数量的 $\rm GO_2$ 是被溶液在两次連續的測定过程中所吸收的,因为溶液沒有从吸收器中倒出来。所以,为了闡明多少二氧化碳在第二次測定中被吸收了($\rm \Delta Q^1$ 和 $\rm \Delta Q^2$),应从 $\rm GO_2$ 的总量中减去在第二次測定空气中 $\rm GO_2$ 含量时被吸收的 ($\rm \Delta Q^1=Q_{\rm on_2}^1-Q_{\rm on_1}^1$)。 对照吸收器和試驗吸收器之間的这些数量差值表明;被研究的叶片在周围空气中吸收了多少 $\rm GO_2$ 。把这个数字換算为通过叶箱放出的空气的体积,叶片的面积或重量和

¹⁾ R¹оп1、R¹нех. 等符号中的 оп1 和 исх. 分別表示第一次試驗和母液。——譯者注

曝光时間,然后求出光合作用强度的数值。

因此,在吸收器中的溶液未更換之前,对光合作用或空气中 CO₂ 含量的測定时,都必須:1)計算試驗溶液和母液之間电导率指标比例的差异;2)根据这个差值,利用校正曲綫,求出被溶液所吸收的二氧化碳的数量;3)从求出的得数中减去前面各次測定中被溶液所吸收的二氧化碳数量;4)用普通方法計算光合作用强度和空气中的二氧化碳含量。

談到光合作用电导測定法的一般評价时,应該指出,在各种实驗室和野外条件下研究光合作用,应用这种方法都是非常有益的。用光合作用电导測定仪,无論在新鮮大气气流中,或在通过密閉系統的气流中都可进行研究。利用电导測定法,可以以很大的准确度(25—30%)在箱內叶片曝光时間較短的情况下,进行大量的,一次接一次的光合作用和呼吸作用的測定,而且不要在每次試驗之后进行滴定和更換溶液等复杂手續。电导測定仪,特別是沃茲湟先斯基利用了半导体三极管的仪器是用手电筒的电池来发动的。这种仪器經过进一步的設計和完善,其重量可以减輕到几公斤(2—3公斤)。

上述的一切証明:植物气体交換过程的电导測定法特別便于 在自然条件下对植物进行生态-生理研究。

用紅外綫吸收自动記录器(URAS) 测定光合作用

称为 URAS 或紅外綫吸收自动記录器的这种新仪器在光合作 用問題的現代研究中,特別是在乔木树种光合作用的生态-生理研 究方面得到了愈来愈广泛的传播。

这种仪器常用于苏打工业,它的根据是早已周知的偶极气体 吸收紅外輻射的性能。早在麦克阿利斯特(McAlister, 1937)就試 图利用这一原理来对光合作用的变化和叶綠素螢光現象进行同时 观測。后来,从1949年开始,研究光合作用就采用了上述的标准仪 器。在埃格尔和埃恩斯特(Egle 和 Ernst, 1949)、胡柏尔(Huber, 1950)、埃格尔和申克 (Egle 和 Schenk, 1951)、司特魯格和包麦斯特(Strugger 和 Baumeister, 1951)等人的文章中叙述了使用这种仪器的方法。

紅外綫光源、对照箱和測量箱、具放大綫路的隔膜电容器、自 記器、吸收被研究空气的泵是仪器的基本部件。

測量箱空气中的二氧化碳和对照箱中的氮对紅外綫的吸收不同,从而輻射接受器中二氧化碳的分布也不相同。隔膜电容器能感受到二氧化碳压力的变化,它在这时改变自己的电容量,从而改变电路中的电压。专門的自記器可以紀录完全与二氧化碳浓度的变化相适应的电压变化。这种仪器可以測量接近于自然条件下的CO2浓度,其灵敏度在0.0005%左右(就体积而言)。此外,与仪器相連接的还有泵和气体分配器。后者自动地把仪器依次地与6个叶箱中的一个联合起来,通过叶箱,空气以2.2公升/小时的速度

被吸收。因此有可能同时在6个試驗中測量光合作用(或呼吸作用)的强度。光合作用或呼吸作用的变作用或呼吸作用的变化的記載每隔6分钟进行一次。这样,在仅器进行工作的一昼夜內可以自动紀录1140次測定。

图 22 援引了西伯利亚松的气体交换变化的这种整理好的 紀录例子。从图上可清楚地看出,在日出之后光合作用是如何

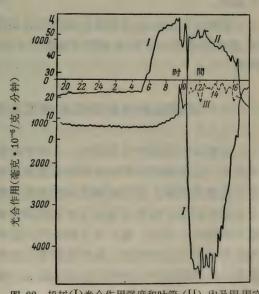


图 22 松树(I)光合作用强度和叶箱 (II) 內及周 围空 气(III)溫度的一昼夜变化 (根据 Tranquillini, 1954)

开始对夜間的呼吸作用占优势。在早晨 10 点钟之后,由于叶箱内温度的上升(在自然条件下未見这一現象),同化枝就开始强烈地排出 CO₂,一直继續到黃昏。

从这个例子应該作出結論:大量性和記录气体交換变化的自 动性是紅外綫吸收自动記录器的最大优越性,这也是其它方法在 目前无可伦比的。

然而,紅外綫吸收自动記录器是一种很复杂、对震动很敏感、 重量和体积都很大的仪器。用含一定浓度 GO₂ 的空气混合物来校 准它,以及調节各个机組的性能,显然有很大的困难。在大多数的 研究工作中,这种仪器是安装在实驗室的主墙上,通过窗戶用长約 30米的軟管(与叶箱相連)将它从实驗室引到植物的生长地。不久 以前,波尔斯特(Polster和Fuchs, 1956)在塔朗德(Таранд) 林业研 究所植物生理組會試图把紅外綫吸收自动記录器改为 蓄 电 池 供 电,把它安装在汽車箱壁上¹)。仪器改装后的研究結果我們目前还 不知道。

因此,可以认为,尽管紅外綫吸收自动記录器有許多重要的优点,但它只能用于在設备完善的实驗室中所进行的定位生理-生态研究。

根据放射性碳的吸收情况测定光合作用

在前面的叙述中已經指出,一些光合作用强度的測定方法不 涉及到二氧化碳还原产物的质的組成和形成的有机化合物在植物 体中的重新轉移,这样的測定对描述光合作用这一綜合过程来說 是远远不够的。由于采用人工放射性同位素在解决各种生物学問 題方面取得了进展,就产生了同时研究植物同化作用的这些不同 方面的可能。 大家知道,只有借助于示踪原子才不仅可能測定有 机体从外界环境中所吸收的物质的数量,而且可能测定它在新陈

¹⁾ 根据 Γ . 波尔斯特博士的报导,他的仪器重20 公厅(不带蓄电池和一系列其它的 装置),体积为 $40\times60\times12$ 厘米。

代謝反应中,以及在沿不同器官移动过程中的途径。此外,在采用同名元素的不同同位素进行工作的情况下,产生了把在相互矛盾的方向上同时进行的某些生命活动过程实驗地分开的可能。光合作用和呼吸作用是这样的过程的例子。可見,应用示踪原子可以較深入地研究植物有机体中各种生理机能协調的复杂問題。

只是在 1939 年,示踪原子的方法才被鲁 宾 (Рубен)、卡明 (Камен)和哈西德 (Хассид) 首次地用来研究光合作用 (Камен, 1949)。他們用的是碳的放射性同位素 G¹¹。这种同位素的半衰期 短(22.5分钟),这一点对研究工作很不方便。

1944 年以后,出現了利用碳的另一放射性同位素 C¹⁴ 的可能性, G¹⁴ 具有很长的生活持續期(~5100 年)。 这些同位素得到非常广泛的应用,特別是在探討光合作用問題的工作中。

到目前为止,利用C¹⁴研究光合作用的基本方向是闡明同化細胞中碳素的化学代謝过程的途径,寻找二氧化碳的受体,二氧化碳还原的最初产物等等¹⁾。

从方法論观点来看,这些研究大都是定性性质。它們可鑑定 这种或那种有机物中是否有示踪碳存在,有时指出它的相对量,但 都沒有尝試过把光合作用过程所吸收的碳和在它的产物中所找到 碳进行平衡。

苏联用放射性碳研究光合作用的定量法的探討是由苏联科学院植物研究所光合作用研究室协同塔吉克苏維埃社会主义加盟共和国科学院帕米尔生物站开始的。此外,这些研究人員集体以及苏联科学院植物生理研究所光合作用研究室(Жолкевич, 1955; Новицкий, 1956; Семененко, 1957)还制訂了无論在实驗室条件下,或者在植物生活的自然条件下应用 С¹⁴ 对光合作 用 进 行 生态-生理研究的方法。

由于已經完成的工作,首先,确定了根据植物叶片所吸收的 C¹⁴ 的量計算光合作用强度(即全部被同化的二氧化碳的数量)的

¹⁾ 巴斯赫姆和卡尔文(Bassham 和 Calvin, 1957) 的书是在这方面所完成的工作的許多概述之一。

可能性。其次,闡明了,利用放射性碳,可以进行光合作用强度与形成这些或那些有机物质(在化学計重分析时所分离出来的)所消耗的二氧化碳数量之間的平衡。这样,我們不但可以对光合作用的速度作定量研究,而且对在这一过程参与下所形成的产物組成以及它們在植物体中的輸送都可作定性分析。最后,已經确定,利用C¹⁴可以定量研究各种植物的光合作用对光照、空气中碳酸气浓度和对温度的依賴关系。根据这一切,可以作出結論,利用放射性碳研究光合作用的定量法(我們建議称之为放射計量法)今后无論在光合作用机制的研究方面,或者在探索这一过程的生态一生理学的許多問題时,都将得到广泛的应用。

光合作用强度的放射計量法是基于一个已經肯定的原理,即:被叶片所同化的放射性碳的数量与在光合作用时被吸收的碳的总量成正比。制定光合作用强度定量测定法所依据的試驗原則图式归結于:将植物在光合作用过程中所吸收的、已知比較放射性的

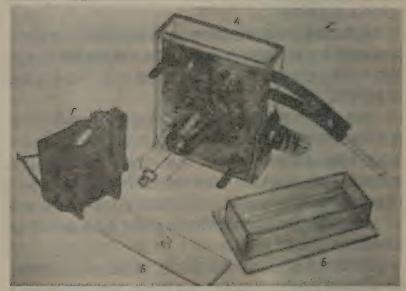


图 23 研究被植物吸收和排出 CO₂ 的密閉箱(原图) A——箱的上面部分和計数器(a),冷却器(b), 供混合箱內空气用的通风 机(b)和导气管(c), B——箱的下面部分, B——隔开箱子上下部的衬垫, F——开动箱内通风机的电磁体

GO₂ 的数量和从这些植物所制成的标本中的 G¹⁴ 的測定放射性相 比較。

为了計算在光合作用过程中被吸收的示踪二氧化碳的数量, 供試驗用的这种或那种植物的叶子放在专門制造的有机玻璃密閉 箱內(图23)。

这种箱子由可以拆卸的带孔隔板分隔为两部分。植物或植物 个别叶片是这样插在孔眼中,使其根系或叶柄是处在箱的下部,而 地上器官处于箱的上部。借助黄蜡、松香和凡士林作的灰泥使箱 的上下部完全絕緣和密閉。为了引入放射性二氧化碳,箱子有一条专門的小橡皮管。β-粒子钟形計数管固定在箱的側面,这一侧壁 上有专門的孔眼。在箱的内部,在离孔眼一定距离的地方有一块防止計数管免受阳光和植物所吸收的 G¹⁴ β-粒子的直接影响的板。 为了混合箱内的气体混合物,有一个通风机,它依靠馬达 CД-60 (約連)发动的电磁鉄轉动。

箱子在黑暗中充以 CO₂+G¹⁴O₂ 的混合物(占体积的 1%),混合物中的原放射性是 5 微居里/1公斤混合物,或为0.5毫居里/1公升二氧化碳。然后,数次测定气体混合物的放射性¹⁾,并根据气体混合物脉冲次数与 GO₂ 浓度的关系曲綫(Заленский, Семихатова и Вознесенский, 1955) 准确地計算箱中的最初二氧化碳浓度。然后,用 ЗН 灯泡(500 瓦)透过滤水管照耀箱內的植物叶片并在全部試驗期間測量二氧化碳的浓度。曝光完毕后,用沸酒精将植物固定,并作出植物的标本。根据箱內 GO₂ 浓度曲綫确定这种气体的最初和最終数量,从两个数值之差确定植物叶片所吸收的二氧化碳的数量。

其次,測定由处于箱內的植物作成的标本的放射性。它們的放射性也可由安放在离标本1.5厘米处的 β -粒子钟形計数管来測量。

为了計算标本的放射性,应根据計数器的本底和标本层中 β -

¹⁾ 許多专門指南(Kamen, 1948; Бочкарев, Кеирим-Маркус, Львова 和 Пруслин, 1953, 等等) 詳細介紹了这种仪器所必須的放射性的測定法及其結果的 計算方法。

粒子的自动吸收情况訂正最初讀数的結果。在每一种个別情况下, 第二次訂正值都根据以苏联科学院植物研究所光合作用研究室所 完成的多次实驗为基础的曲綫来确定。

如果試驗是取用較大的植物和許多准备好的粉末,那么就要用它們作成好几个标本。在这种情况下,在作了上述訂正之后将每一个标本的放射性相加起来。各个标本的放射性之和即代表試驗植物中 G^{14} 的总放射性 (在 β -粒子計数器的参数情况下以 脉冲/分钟計)。

图 24 說明了进行試驗 (Вознесенский, 1955) 的結果,从图上

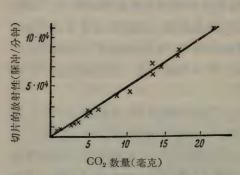


图 24 一分钟內脉冲总次数对植 物所 吸收 的二 氧化碳数量的依赖关系(根据沃茲湟先斯 基,1958)

可以看出:如果原气体混合物的比較放射性一定,植物总放射性数值严格地与被吸收的二氧化碳数量成正比。

为了根据叶片标本的 放射性計算光合作用强度 的絕对值,必須确定叶片 吸收的二氧化碳数量和叶 片作成的粉末的总放射性 数 值 之 間 的 比 例 系 数

(K)。 因此,图 24 所示的这两个数值之間的关系可以写成下列方程式的形式。

$$N = \alpha K X$$
,

式中 N——总脉冲数/1分钟; α ——气体混合物中二氧化碳的 比較放射性; X——叶片吸收的二氧化碳的数量; K——所求的 比例系数。

解此方程式求 K, 将其它数值代入(从图 24),得

$$K = \frac{N}{\alpha X} = \frac{10 \times 10^4}{0.5 \times 20} = 10^4$$

应用这个公式(解出X)来求植物光合作用强度时,我們应該将叶

片在放射性二氧化碳大气中的曝光时間(t)和它的面积或重量(S)引入公式。于是就得出了下列的計算光合作用强度(X)的公式。

$$X = \frac{N}{K \cdot \alpha \cdot t \cdot S}$$

必須着重指出,只有在上述性质計数装置的情况下,才可根据图 24 的資料确定系数 K 为 10^4 。在每种具体場合都必須用实驗来計算这个系数值,因为它随 β -粒子钟式計数器的个体特点及其对标本片的几何位置而有所变化。

这样,知道了由在一定比較放射性的 CO₂ 大气中曝光过的植物或叶片粉末准备的标本的总放射性(脉冲/分钟),以及曝光持續时間和叶片面积(或它的重量),就可算出以毫克 CO₂/平方分米·小时或毫克 CO₂/克·小时表示的光合作用强度。非常重要的是:根据这样的公式,用专門的放射化学分析方法可以确定在光合作用过程中进入到各种有机物质(从在大气中同化 C¹⁴O₂ 的植物体中排出的)中 CO₂(或 G)的数量。为此,必須准确地計算排出物质的重量和放射性(脉冲/分钟)。根据这些数据,不但可以計算它們的比較放射性,而且可以計算进入这些物质中的二氧化碳(或 G)的数量。

将排出物质中的碳进行定量平衡,就可以計算这些物质之間的碳的百分比,这对植物同化作用的生态-生理研究往往有重要的意义(Заленский, 1955; Филиппова, 1955)。

上述定量研究光合作用的放射計量法曾經經受过 实 驗 的 检查。检查的办法是对比各种方法算出的光合作用的强度数值,其中一种方法就是放射計量法,其它是"在气流中"測定法和經改变适于測陆生植物叶片的瓦尔布格检压法。两种方法对植物的同一叶片或叶片的切割部分同时进行測定,得 出 的 平 均 比 值 为 0.993 ± 0.125(气流中測定法和放射計量法)和0.998 ± 0.034(压力計法和放射計量法)。这些結果說明:用这些不同方法所計算出的、被吸收的 GO₂ 的数量是完全一致的,而 12.5% 和 3.4% 的誤差完全是被比較的各种方法的誤差。从上述的数据还可作出結論:某些学者 (Van Norman 和 Brown, 1952) 对其作用赋予重要地位的同

位素效应,在所采用的測量精确度的情况下并沒有被发現出来,并且实际上它不影响光合作用强度的測定結果。

用 G14 研究光合作用的可能性之一是在于。 可以 在 放射性 CO₂ 气流中測定它的潜在强度以及碳在植物 有机 物质 之間 的分 配。在实驗室,或者在植物的生活环境中,利用这种可能性来进行 工作都特別方便(Заленский, Семихатова 和 филиппова, 1955)。 为此目的, 摘下的或未摘下的植物叶片(或枝条) 放在相应的叶箱 中,叶箱与貯气柜及泵或簡单的橡皮梨形灌 注器联合 形成密閉系 統, 貯气柜中有浓度一定(1%)和比較放射性一定(0.5毫居里/公 升 CO₂)的 CO₂+C¹⁴O₂混合物。 在自然条件下測定光合作用潜在 强度的全部仪器重約3公斤(图25)。在这种仪器中,气体混合物 的气流被从貯气柜吸收进来,通过放有叶片的叶箱又回到貯气柜。 叶片在 C14O。大气中曝光一定时間(10 分钟)之后,将叶片取下,用 酒精固定, 幷将它作成标本。根据前述的方法計算光合作用的强 度。在О. В. 查連斯基 (Заленский)、О. А. 謝米哈托娃和 В. Л. 沃茲涅先斯基的著作(Заленский, Семихатова 和 Вознесенский, 1955)中詳細地描述了这一方法,并分析了保証及时供应同化叶片 以二氢化碳的条件(二氢化碳的浓度和比較放射性,气体混合物的 流速,放射性緩冲溶液的应用等)。

本方法的基本特点如下: 1)用放射性碳測定 光合作用; 2)測定工作在人造的大气中进行,在这里,光合作用不因二氧化碳的不足而受到限制,而且,这里二氧化碳的浓度不致在自然条件下那样发生显著的变化; 3)根据当时被吸收的二氧化碳的絕对量計算光合作用的变化; 同时,GO₂ 的数量直接在植物叶片中测出,而不是根据通过对照箱和叶箱的一定体积空气中 GO₂ 含量之差; 4)如果研究光合作用的日变化,在每次测定之后,摘下植物叶片,并将它固定,但是,一般是用同一叶片来研究光合作用的白天变化。

这样,借助于上述方法,我們得到完全可以对比的关于在有二氧化碳保証的情况下光合作用强度的資料。В. Н. 留比緬科(Лю-бименко, 1935) 和 В. А. 布利梁特(Бриллиант, 1950) 称这种数



图 25 在放射性二氧化碳气流中測定光合作用强度的仪器 A——盛有放射性二氧化碳混合物的貯气柜, B——叶箱, B—— 泵, F——放叶片固定器皿的托盘。

值为叶片的潜在工作能力或光合作用的潜在强度。

在苏联許多科学研究机关中,这种方法被用来比較評定自然条件下植物光合作用的潜在强度,研究光合作用过程中被吸收的碳的消耗动态和同化体的流出情况等等。如果把仪器的叶箱放在不同水溫(用超恒溫器保持)的水槽中,用这种方法可求得光合作用对于溫度的依賴关系曲綫,如果在这种情况下改变光照,就可得到光合作用对于光綫的依賴关系曲綫。

在含放射性二氧化碳的气流中測定光合作用强度还有其它仪器。例如,IO. IV. 諾維茨基(Новицкий, 1956)就介紹了一种有趣的仪器(图 26),在这种仪器中,同时利用 6 个活动的叶箱,它們被密封地盖在叶片上,并在叶表面划分出相等的面积。C¹⁴O₂的总供应源把这些叶箱联合在一起。放射性碳酸鋇放在注入烧瓶中的水层下面,以保証在使用仪器的好几个月內供应示踪二氧化碳。在每次試驗之前,用加入盐酸的办法分离出必要数量的C¹⁴O₂。此外,

仪器还有3个盛碱的烧瓶,它們可以排除在試驗之后留在叶箱和 軟管中的多余的放射性二氧化碳,从而,使空气免于染污。仪器的 所有这些部分与电力馬达发动的泵联合成一个密閉系統。作者指 出,必要时,带馬达的泵可以用普通的手动泵或直接用 橡皮梨形 灌注器来代替,这在野外条件下工作特別方便。叶片在示踪二氧 化碳气流中曝光后,通过于热烧死,把它作成标本,从标本中計算 放射性。

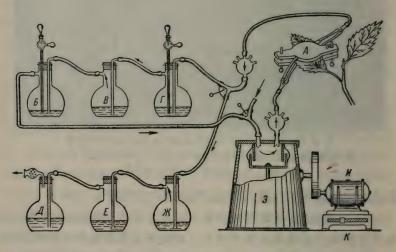


图 26 用 C¹⁴O₂ 在气流中研究光合作用的仪器略图 (根据諾沃茨基,1956) A——叶箱; *Б—Г*——分离示踪二氧化碳的烧瓶; *Д—Ж*——吸收在曝光后留在叶箱中的放射性二氧化碳的 盛碱烧瓶; 3——泵; *H*——馬达; *K*——变阻器。

如果研究了空气中或叶片周围气体混合物中 GO₂浓度和数量的变化,也可以用别的方法测定光合作用和植物进行的各种二氧化碳交換过程的强度。为此,我們建議利用如图 23 和 27 所示的不同結构的密閉箱。密閉箱的重要优点是可以連續不断地記录吸收和排出二氧化碳两种过程的变化,必要时,还可以用自动記录器来記录。我們的研究确定,这种叶箱可以順利地用来研究植物叶片和其它器官吸收和排出二氧化碳的过程,用来确定光合作用

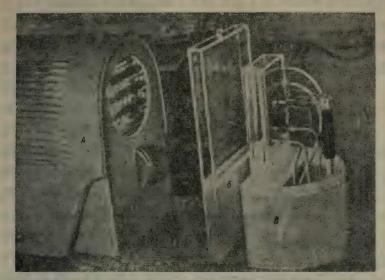


图 27 測定光合作用对光照强度和 CO_2 浓度的依賴关系的仪器 A——照明器,B——滤水器,B——密閉箱。

对二氧化碳浓度和光照强度的依賴关系。例如,根据气体交换性质研究光合作用和呼吸作用这两个方向相反的 过程 之間 的关系时,就可以采用前面談到的第一种办法。同位素法原則上給分开光合作用中被吸收的二氧化碳和由于呼吸作用所排出的二氧化碳提供了唯一的可能性。为此,把 C¹⁴ 預先示踪出 来的叶片轉放到盛有非放射性气体混合物的密閉箱內,在有光或黑暗的条件下記載箱內呼吸作用排出的示踪二氧化碳。

为了研究这些問題,为了測定光合作用对二氧化碳浓度和光照强度的依賴关系,設計了图 27 所示的仪器。在这里,借助于专門的卷帘式快門改变光照强度。与自动記录器相連的計算装置可以記載示踪二氧化碳的吸收和排出过程的变化。

測定光合作用对二氧化碳浓度的依賴关系是基于:叶片受到 光照时,箱內二氧化碳浓度开始时几乎是直綫下降,然后,下降速 度减弱并达到零(图 28)。曲綫上的直綫綫段(Ab)說明:在CO₂ 的这些浓度范围内(图上是 0.28—0.05), 光合作用的强度不以二氧化碳的浓度为轉移。如根据这一綫段計算光合作用强度,可以对比不同的植物,不同年龄的叶片,对比它們与光和其它影响光合作用的因素的关系¹⁾。

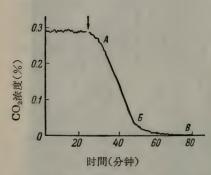


图 28 在楤木叶片光合作用过程中, 密閉 箱內 CO₂ 浓度的变化 (自动記录器 的照相記录)。

Ab——曲綫上的直綫綫段; BB——光合作用与 CO₂ 浓度的依賴关系带中的曲綫綫段。小箭头——通光的时刻。

本身在光合作用期間就发生变化。

曲綫上的以后进程(*BB*) 段)表明:光合作用的强度开始随箱内 GO₂ 浓度的不同而变化。知道了叶片面积和叶箱的容积,根据該曲綫上切綫的傾角,就可以計算任何 GO₂ 浓度下的光合作用强度。

从前,为了測定光合作用 对 GO₂ 浓度的依賴关系,人为 地制造了不同的二 氧 化 碳 浓 度。利用密閉箱,可以观察同 一植物或叶片在短暫时間內的 这一依賴关系,因为 GO₂ 浓度

如果把所研究植物的叶片放入上述的密閉箱內, 幷使箱內充滿空气和示踪二氧化碳的混合物,然后,在不同光照条件下对光合作用进行一系列的測定,那么,根据获得的資料,也不难作出这一过程对光照强度的依賴关系曲綫。或者不同程度地关閉照明器(图27的仪器中)的百叶窗,或者改变叶箱、照耀它的灯泡与叶片之間的距离,都可使光照强度在預期的范围內发生变化。单位时間內被叶片吸收的 GO₂的数量根据箱內示踪二氧化碳浓度变化曲綫上直綫綫段(图 28 上的 AB 段)的傾角来計算。但是,GO₂的浓度在試驗时間內不应降到低于使光合作用飽和的浓度。借助于装在箱內的冷却器,溫度也可保持不变。对不同叶片获得的数据应換算

¹⁾ 从图 28 可見, 在通光后的最初 5 分钟內, 楤木叶片的光合作用較低。植物在长期保持于黑唇中之后就出現这种現象。

为共同的面积或重量单位。

不久以前, В. Е. 塞美年科 (Семененко, 1957) 提出了一种仪器,原則上可以在自然条件下摄制一个植物叶片的光合作用对光照强度的依賴关系曲綫。現在按照作者的叙述来简单介紹一下这个仪器。

組成这一仪器的是一个(或几个)叶箱和橡皮梨形灌注器或 泵,它們与某一种气态示踪二氧化碳源联合成为一个密閉系統。 叶箱是两扇有机玻璃門,在这玻璃門之間紧紧地夹着未摘下的植 物叶片。气体混合物气流导入叶箱的方式应使它在叶箱内均匀地 分布1)。在其中一扇門(上扇)的內面粘有边緣磨得很尖的隔板, 把箱門分成 16 个面积为 2 平方厘米的个别单元。在每一个单元 中嵌入已知光学密度的中性滤光片(玻璃的或筛形的)。个别滤光 片的安置是这样的, 使它們形成两个相同的但彼此的方向相反的 光楔,8个等級中的每一級都从全部黑暗到全部明亮。当 这种叶 箱迭置到叶片上时,在曝光时間,上沭隔板的磨尖边緣不碰到叶 片,也不阻碍气体混合物的流通。叶箱固定到叶片上之后,就把箱 子遮暗,数分钟(2分钟)内,示踪 CO。 气流从 此通过。 曝光 完 毕 后,就重将叶片箱遮暗。然后,用力夹紧箱門,叶片即被尖銳的隔 板切割成个别的小部分,它們就在各种光照强度下进行光合作用。 試驗时,用照度計測量光照,然后計算投射到箱內叶片各个片段上 的光照的强度。迅速将各部分叶片进行固定幷測定放射性。根据94 頁的公式計算光合作用强度。此外,可以将整个叶片摘下,得出它 的放射性自动摄影照片和測量它各个片段的光度。 这样, 測量了 投射光的强度,知道了中性多級光楔的每个单元的透光系数,就可 算出叶片各个片段进行光合作用时的光照强度。根据用一个未摘 下的叶片同时測出的資料算出了光合作用强度值,就可作光合作 用过程对光的依賴关系曲綫。

上述的一切情况說明: 放射性測定法无論在实驗室或在自然

¹⁾ B. E. 塞美年科借助于放射性自动摄影术使气体进行均匀的分布。

条件下都可用来研究光合作用对外界因素的依賴关系。

总結本文的这一部分时,必須指出,用放射性碳研究光合作用的方法可以对这一过程的强度和被吸收的碳素参加形成各种有机物质的情况同时进行定量計算。在不同时間进行这样的測定,可以同时研究含有示踪碳的有机物质的代謝作用过程以及它們在植物体中的輸送情况。改变进行光合作用所处的条件,可以同时研究光合作用强度和代謝反应对光、二氧化碳、溫度等这些极其重要的外界因素的依賴关系。其次,应用 C¹⁴,配合碳的其它同位素,原則上可以分別开同时进行但方向相反的不同反应和过程。最后,放射性碳的生命持續期很长,非常有利于研究各种因素和条件对植物同化作用的影响和后果。因此,測定光合作用和呼吸作用的放射性法的最大优点就是可能同时研究代表植物生命活动这些极其重要过程的各种定性和定量指标的綜合体。結合現代生理学和生物化学的其它方法采用这些方法的前途目前才刚刚显現出来;还有待今后通过深入的实驗来研究和改进它們。

根据有机物质重量的增加测定光合作用

根据有机物质重量的增加测定光合作用强度是研究这一过程的經典方法之一。基于这一原则的方法是由薩克斯(Sachs, 1884)提出的。布魯克斯(Brooks, 1892)用这种方法在自然条件下完成了光合作用强度日变化的最初测定。本法的最大优点是:在测定时,被研究植物的叶片不須关閉在叶箱中。此外,計重法可以用来实际判断植物同化-异化作用的总的数量結果。

大家知道,薩克斯法的依据是:由于光合作用的結果,植物叶片的重量增加,因为这里积聚了同化作用的产物。如果測定一直继續若干小时,用精密天秤可以称出增加的重量。在現代的經过修改了的薩克斯(Šetlik,1954)法中,特別强調取一大批相同的叶片試样来进行測定的必要性,这对統計整理所获得的結果来說是必要的。所以,通常都是选择20片以上的植物叶子,这些叶子一

华切下,另一半和叶柄一起留在植物上。切下的 半片叶 子放在水中或潮湿的地方,在这种条件下保持到达到最大膨压时为止。这样作是为了使单位叶片面积的重量尽可能是在它們的水分达到最大飽和的同等条件下进行测定。然后用穿孔器或专門的模具把叶片作成 100 个以上的等面积的切片。将这些切片分摊在一系列与所取叶片相对应的平行样品上,在玻璃称瓶中干燥到不变的重量,以便测定它們的单位面积重量。曝光結束后,把留在植物上的半片叶子切下,并称出其已知面积的重量。确定出来的在曝光时間內的重量增加換算为单位叶片面积的增加。对窄叶植物来說,可以預先选择大量的(100以上)尽可能相同的叶子来进行这样的测定。测出这些叶子切片的面积,比較它們在曝光前后单位面积的平均重量。C. B. 塔格也娃(TareeBa, 1941)曾經为小麦的叶片测定詳細研究了这个方法。只有将总面积为数百个平方厘米的样品进行比較,就可获得多少比較可靠的测定結果。

然而,求出的重量差异还不能代表光合作用强度,因为叶片的 重量变化决定于同化物的流出和呼吸作用。为了估計这些过程, 所有測定都应作"黑暗"对照。除了試驗样品外,还要取置于黑暗 中的未切下叶片的平行样品。在某些情况下,为了校正同化物的 流出情况,要环割叶柄或枝条。这一切都是技术上的重大难题。 就是克服了这些困难,总也不能确信:在黑暗中的或环割叶片的 同化物的流出和呼吸作用会与正常条件下一样。

計重法还有別的缺点。因为叶片各半部之間有很大的生理学和解剖学差异(試驗时叶片面积的变化,伤口的影响等),測量光合作用計重法的精度是极其不够的。

为了稍許提高測定的精度和有可能估計光合作用在較短时間內的变化,有些学者提出不測重量差异,而測糖含量的数量差异。 古吞柏格(Guttenberg, 1931)用这种方法研究了爪哇等 地热带植物的光合作用。新的用蒽酮試剂分析糖分的快速比色測定法使我們有可能进行糖分的大量測定(Šetlik, 1954)。除糖以外,为此目的,还會試图利用全碳量的 測定 (Бородулина、Колобаева 和 Зверева, 1955),同化器官重量与其中所含灰分重量的比例的变化 (Holdheide、Huber 和 Stocker, 1936)等。然而,所有这些改进都未能消除計重法的主要缺点:不能排除同化物流出的影响。許多著作 (Thoday, 1909; Базырина 和 Чесноков, 1932; Šetlik, 1954,等等)都詳細評价了薩克斯的方法和这个方法最近的一些修改形式。

"净同化率"(нетто-ассимиляция) 測定法对于評定光合作用在植物有机物质的积聚和植物产量方面的作用是很有意义的。这个方法基本上是罗塔姆斯特德研究站 (Ротамстедская станция, 英国)为了評定农作物生产率因素而制訂出来的。近年来,它在苏联被成功地用来分析提高产量的問題(Ничипорович, 1955)。

測定淨同化率的办法是定期选择整株植物样品,計算它們的 总干重,各种器官的重量和同化表面的面积。因为不同植株的生 理差异比它們的叶片差异更大,所以測定淨同化率必須 选 取許多 植物材料,只有将它們作仔細的統計学整理之后,才能对測定結果 作出結論。样品通常重复 10 次以上,每一次重复大約有植物 100 株。在某些情况下,样品就是在該种植物所占的一定单位 面积上 的所搜集的植物的总和。对每一种这样的样品都要确定总干重和 叶片总面积。有时,除总干重外,还要算出植物各种器官的重量。 每次取样品的时間間隔应該有这么久,使得植物重量的变化能以 必要的精确度計算出来。通常这种間隔是 7—10 天。在生长旺盛 期間可以縮減到五天。試样重复的必要次数和取的間隔时間应根 据每一具体研究对象的預先方法研究来确定。

計算净同化率有好几种方式。当叶片的干重和面积在两次选 出試样的时間間隔內是以恒定速度增长,即发生直綫变化时,往采 用其中最简单的一种方法。这时净同化率或植物的純生产率可以 从下列方程式求出:

$$A_{\underline{z}} = \frac{M_2 - M_1}{(T_2 - T_1) \cdot \frac{1}{2} (J_1 + J_2)}.$$

在这个方程式中 A_{8} 代表净同化率或純生产率, $M_{2}-M_{1}$ —

两次連續試样的干重差, T_2-T_1 ——两次測定相隔天数, J_1+J_2 ——計算时期最初和最末的叶片面积。如果在两次測定之間,叶片重量和面积的增长速度是不恒定,那么就应采用另外的,以图解内插法为基础的計算方法。用威廉士(Williams, 1946) 在他的著作中所描述的这种方法,可以算出在較短时間間隔內生产率的变化。

净同化率法中最大的和难以克服的缺点是:它不能估算植物地下部分的重量变化。但是,許多野生种正是地下部分是同化-异化作用的結果所形成的有机物质的主要貯藏室。因此,测定个别植物和植物群聚純生产率的方法还需作进一步的探討,特別是当应用于野生植物区系和植被的研究的时候。尽管如此,用农作物所进行的試驗是有重大价值的。例如,现在已經可以建議:在研究地植物学样条时,不仅测定植物物质的重量,而且还测定植物的叶面面积。

在瓦特逊 (Watson, 1952) 和尼奇波罗維奇 (Ничипорович, 1955)的概述文章中較詳細地介紹了純生产率的測定法。

結 論

本文对植物生态-生理研究中所采用的測定光合作用的各种 方法作了批判性的分析和評論。

植物的同化-异化作用的这类研究的任务是多种多样的。这些任务首先在于在地球上植物界的巨大多样性之中,查明那些在植物界长期演化过程中产生的,其同化器官具有高額利用太阳能的潜在系数的有机体。对植物各种不同的种、生活型和生态类型以及植被类型的光合作用工作进行全面的定量研究,就可 評价它們在地球上物质和能量总循环中的参加程度。利用光合作用过程这个植物有机体与外界各种因素的关系的灵敏标志,估計不同气候环境和植物群落环境中植物生产率的动态,就可得到供因果分析植物分布的規律性,它們在植被中的相互关系等那样的植物地理学和整个生物学的綜合問題的因果分析的資料。

前述各种光合作用的生态-生理研究方法对了解植物 生命活动这个最重要过程的实质,即光合作用的机制和生理学問題,也是非常必要的。

因此,可以設想:与其它植物学科綜合一起进行的光合作用問題的生态-生理研究的发展在不久的将来将得到更多的注意。

在解决提出的任务时,产生着借助于說明这一过程特征的指标綜合体来研究光合作用的必要性。本文对这些指标所进行的簡短分析証明,为了評定植物种的同化活动,不仅需要比較地評价光合作用的强度。为此目的极其重要的是也知道光合作用的变化对外界环境基本因素的依賴关系、光合作用的潜在强度、日变化和季节变化的节律、被同化的碳在植物有机物质中的分配規律和同化物輸出規律。只有根据同化作用指标对植物进行这样的綜合分析才是了解这样或那样条件下植物生产率高低的原因的根据。

从上述可知,研究光合作用的方法也应該是綜合性的。

本文对研究光合作用强度的方法所作的分类和描述表明了現 有前測定二氧化碳的方法的多样性。因此,根据叶子吸收的二氧 化碳的数量測定光合作用,在目前,特别是对植物进行生态-生理 研究时,乃是研究这一过程的一組基本方法。 測定二氧化碳数量 的許多方法都創造了完全适于在自然条件下对植物的光合作用进 行大量快速測定的仪器。

尽管如此,在自然条件下測定光合作用的方法还远未尽善尽美,还有待进一步的研究,現在已經可以說:最近30年来在文献中得到积极討論的关于在植物生境中研究这一过程的可能性問題,显然,已經接近于初步解决。无論如何,以利用强烈的大气气流为基础的方法是在自然条件下研究光合作用的主要途径,这一点已很清楚。只有利用气流,才可以避免在光合作用过程中被吸收的二氧化碳强烈减少的情况,同时,配合专門的装备,还可預防叶片过度增热。

在气流中測定二氧化碳浓度的方法由于放射性測量技术、偶

极气体光譜学等方面的成就而得到的发展表明:在野外条件下放弃碱性溶液的化学滴定有了可能。因此,利用現有的仪器不但在定位情况下,就是在野外調查时都可測定光合作用。目前,这些仪器中最好的一种是恰特斯基和斯拉維克(Gatský,Šlavik,1958a)的以測定碳酸盐指示溶液 pH 值为基础的仪器和沃茲 湟先斯基的利用碱性溶液电导率測定的仪器(Boshecenckuň,1958)。可以自动記載长时間內植物气体交換变化的紅外綫吸收自动記录器在研究自然条件下的光合作用时在現代的实驗室中得到了传播。

近年来,人們在积极地探討应用碳的放射性同位素 研究光合作用的方法。 現在,根据这些方法已可对自然条件下和实驗室的光合作用潜在强度进行定量测定,并可比較簡单地 测出光合作用对空气中二氧化碳浓度,光照强度和温度的依賴关系曲綫。 这些方法的优点在于。它给同时研究光合作用的质数量方面——光合作用产物的組成和輸送提供了可能性。

此外,測定植物純生产率的方法的研究取得了成就,这些方法 現在被用来研究农作物产量的提高問題。如果得到了进一步的改 进,它們将可用来研究自然植被和形成植被的建群 种的生产率。

可見,現在已有各种各样的方法可用于植物同化作用的生态-生理研究,毫无疑問,它們将在实际工作中得到更广泛的应用。

(李 恒譯 周佩珍、陈昌篤校)

参考文献

- Базырина Е. Н. и В. А. Чесноков. 1932. Методы определения фотосинтеза в природных условиях. Тр. Петергофск. биолог. инст. вып. 9.
- Бородулина Ф. З., Л. Г. Колобаева и Т. А. Зверева. 1955. К вопросу об определении фотосинтеза в полевых условиях. Тр. Инст. физиол. раст. АН СССР, т. 10.
- Бочкарев В., И. Кенрим-Маркус, М. Львова и Я. Пруслин. 1953. Измерения активности источников бета- и гамма-излучений. Изд. АН СССР, М.
- Бриллиант В. А. 1950. Методы учета фотосинтеза. Тр. Ботан. инст. AH СССР, сер. IV, Экспериментальная ботаника, вып. 7.

- Вальтер О. А., Л. М. Пиневич и Н. Н. Варасова. 1957. Практикум по физиологии растений с основами биохимии. 3-е изд. Сельхозгиз, Л.
- Вознесенский В. Л. 1955. Количественные измерения интенсивности фотосинтеза при помощи радиоактивного изотопа углерода. Ботан. журн., т. 40, № 3.
- Вознесенский В. Л. 1958. Измерение интенсивности фотосинтеза по электропроводности поглощающего раствора щелочи. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. IV, Экспериментальная ботаника, вып. 14. (в печати).
- Вотчал А. Е. 1928. Метод непрерывного учета транспирации и ассимиляции растений. Дневн. Всесоюзн. съезда ботаников в Ленинграде, изд. Гос. русск. ботан. общ., Л.
- Вотчал А. Е. 1940. Камера для изучения газообмена у растений в условиях, приближающихся к природным, Докл. Акад. наук СССР, т. 29, № 7.
- Вотчал Е. Ф. и И. М. Толмачев. 1926. Исследования по ассимиляции CO_2 сельскохозяйственными растениями в природных условиях. Дневн. Всесоюзн. съезда бот. в Москве, Изд. Ассоц. н.-исслед. инст. при Физ.-мат. фак. І МГУ, М.
- Глик Д. 1950. Методика гисто- и цитохимии. Изд. иностр. лит., М.
- Данилов А. Н. 1941а. Механический аспиратор. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. IV, Экспериментальная ботаника, вып. 5.
- Данилов А. Н. 19416. Метод изучения транспирации одновременно с фотосинтезом. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. IV, Экспериментальная ботаника, вып. 5.
- Жемчужников Е. А. и Ф. Д. Сказкин. 1925. Камера для изучения ассимиляции в природных условиях. Изв. Донск. инст. сельск. хоз. и мелиор., т. 6.
- Жолкевич В. Н. 1955. Применение меченого углерода в полевых условиях для наблюдений за передвижением ассимилятов у пшеницы. Докл. Акад. наук СССР, т. 96, № 3.
- Заленский О. В. 1954. Фотосинтез растений в естественных условиях. Вопросы ботаники, вып. 1, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Заленский О. В. 1955. О распределении углерода среди органических веществ, образующихся при участии фотосинтеза. Сб.: Сессия Акад. наук по мирн. использ. атомн. энергии, Засед. Отд. биолог. наук, Изд. АН СССР, М.
- Заленский О. В. 1956. Об эколого-физиологическом изучении факторов продуктивности дикорастущих многолетних растений. Сб.: Акад. В. Н. Сукачеву к 75-летию со дня рождения, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Заленский О. В. 1957. О взаимоотношениях между фотосинтезом и дыханием. Ботан. журн., т. 42, № 11.

- Заленский О. В., В. Л. Вознесенский и О. А. Семихатова. 1958. Исследования фотосинтеза при помощи количественных радиометрических методов. Доклады на Второй междунар. конфер. Организ. Объед. Наций по примен. атомн. энергии в мирн. целях. Изд. Инст. информ. АН СССР.
- Заленский О. В., О. А. Семихатова и В. Л. Вознесенский. 1955. Методы применения радиоактивного углерода для изучения фотосинтеза. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Заленский О. В., О. А. Семихатова и Л. А. Филиппова. 1955. Новый метод изучения фотосинтеза в естественных условиях. Тр. Научн. сессии, посвящ. достиж. и задач. сов. биофиз. в сельск. хоз., Изд. АН СССР, М.
- Иванов Л. А. 1941. Фотосинтез и урожай. Сб. работ по физиол. раст., посвящ. памяти К. А. Тимирязева, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Иванов Л. А. и Н. Л. Коссович. 1930. О работе ассимиляционного аппарата различных древесных пород. 1. Сосна. Журн. Русск. ботан. общ., т. 15, № 3.
- Иванов Л. А. и Н. Л. Коссович. 1946. Полевой метод определения фотосинтеза в ассимиляционной колбе. Ботан. журн. СССР, т. 31, № 5.
- Иванов Л. А. и Н. С. Коссович. 1948. Заметка о применении «ассимиляционной колбы» в лабораторных условиях. Ботан. журн., т. 33, № 1.
- Иванов Н. Н. 1946. Методы физиологии и биохимии растений. 4-е изд. Сельхозгиз, М.—Л.
- **Извощиков** В. П. 1953. Метод определения фотосинтеза в полевых условиях. Тр. Инст. физиол. раст. АН СССР, т. 8, вып. 1.
- Извощиков В. П. и С. Ф. Неговелов. 1954. Прибор для определения фотосинтеза в естественных условиях. Изд. «Советская Кубань», Краснодар.
- Комиссаров Д. А. 1948. Измерение фотосинтеза в колбе Эрленмейера в полевых и лабораторных условиях. Ботан. журн., т. 33, № 6.
- (Костычев С. П., Е. Н. Базырина и В. А. Чесноков) Kostytschew S., K. Bazyrina und W. Tschesnokow. 1928. Untersuchungen über die Photosynthese der Laubblätter unter natürlichen Verhältnissen. Planta, Bd. 5, H. 5.
- Костычев С. П. и Е. К. Кардо-Сысоева. 1930. Исследования над суточным ходом фотосинтеза растений Средней Азин. Изв. Акад. наук, № 6.
- Красносельская-Максимова Т. А. и А. Г. Ордоян. 1929. К методике учета ассимиляции и устьичных движений в природных условиях. Тр. по прикл. бот., ген. и сел., т. 22, вып. 1.
- Крюков П. А. 1954. Кондуктометрические методы в гидрохимических

- исследованиях. Гидрохим. материалы, т. 22.
- Любарская Л. С. и Б. Н. Макаров. 1950. К методике определения фотосинтеза и дыхания у целых растений. Докл. Акад. наук, т. 71, № 6.
- Любименко В. Н. 1935. Фотосинтез и хемосинтез в растительном мире. Сельхозгиз, М.—Л.
- Насыров Ю. С. 1956. Фотосинтез и урожай хлопчатника. Тр. Акад. наук ТаджССР, т. 60.
- Ничипорович А. А. 1940. Методы учета фотосинтеза в полевых условиях. Сов. ботаника, № 5—6.
- Ничипорович А. А. 1953. Продукты фотосинтеза и физиологическая роль фотосинтетического аппарата растений. Тр. Инст. физиол. раст. АН СССР, т. 8, вып. 1.
- Ничипорович А. А. 1955. О методах учета и изучения фотосинтеза как фактора урожайности. Тр. Инст. физиол. раст. АН СССР, т. 10.
- Ничипорович А. А. 1956. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. Тимирязевские чтения, XV, Изд. АН СССР, М.
- Ничипорович А. А. и Н. И. Бакулина. 1930. Упрощенный метод относительного учета ассимиляции СО₂ растениями в полевых условиях. Изв. по оп. делу Сев. Кавказа, № 5.
- Ничипорович А. А. и Н. Г. Васильева. 1941. Прибор для определения фотосинтеза у растений. Докл. Акад. наук СССР, т. 31, № 3.
- Новицкий Ю. И. 1956. Прибор для изучения фотосинтеза с помощью C^{14} в токе воздуха. Физиол. растений, т. 3, вып. 6.
- Оканенко А. С. 1940. Ассимиляция углерода. Сб. «Свекловодство». Разд. III. Физиология сахарной свеклы, гл. 3. Гос. изд. колх. и совх. лит. УССР, Киев.
- Петров Е. Г. и Н. И. Гаврилов. 1939. Прибор для определения площади листьев. Докл. Акад. наук СССР, т. 24, № 5.
- Починок X. Н. 1958. Установка для газометрического определения фотосинтеза в естественных условиях. Физиол. растений, т. 5, вып. 2.
- Рихтер А. А. 1936. Поглотитель углекислоты для тока атмосферного воздуха. Докл. Акад. наук СССР, т. 2, № 7.
- Сабинин Д. А. 1955. Физиологические основы питания растений. Изд. АН СССР, М.
- Семененко В. Е. 1957. Камера с нейтральным оптическим клином для снятия световых кривых фотосинтеза. Физиол. растений, т. 4, вып. 5.
- Силева М. Н. 1955. Колориметрический метод определения фотосинтеза и дыхания растений. Бюлл. Гл. ботан. сада, вып. 20.
- Сказкин Ф. Д., Е. И. Ловчиновская, М. С. Миллер и В. В. Аникиев. 1958. Практикум по физиологии растений. Изд. 5-е. Изд. «Совет-

- ская наука», М.
- Тагеева С. В. 1941. Динамика фотосинтеза озимой пшеницы при различном водоснабжении. Уч. зап. Сарат. гос. унив., т. 15, вып. 6, Биология.
- Филиппова Л. А. 1955. Дневные и сезонные изменения интенсивности и продуктов фотосинтеза у растений Восточного Памира. Автореферат дисс. Л.
- Шардаков В. С. 1939. Упрощенный способ определения поверхности листьев растений при помощи планиметра. Докл. Акад. наук СССР, т. 24, № 1.
- Alvic G. 1939. Über Assimilation und Atmung einiger Holzgewächse im westnorwegischen Winter. Medd. № 22 fra Vestl. Forstl. Forsøkst., Bd. 6, № 4.
- Andersson G. 1944. Gas change and frost hardening studies in winter cereals. Lund.
- Aronoff S. 1955. Translocation from soybean leaves. Plant Physiol., vol. 30, № 2.
- Aufdemgarten H. 1939. Zur Kenntnis der sogenannten Induktionsvorgänge bei der Kohlensäureassimilation. Planta, Bd. 29, H. 4.
- Aufdemgarten H. 1939/40. Weitere Untersuchungen mit dem Gaswechselschreiber über die Kohlesäureassimilation. Planta. Bd. 30, H. 3.
- Bassham J. A. and M. Calvin. 1957. The path of carbon in photosynthesis. New York.
- Beiler A. und E. Schratz. 1937. Zur Methodik der CO₂-Bestimmung auf konduktometrischem Wege. Jahrb. wiss. Bot., Bd. 85, H. 3.
- Boonstra A. E. H. R. 1930. Die nichtkontinuierliche Assimilation der Laubblätter unter natürlichen Verhältnissen. Planta, Bd. 10, H. 1.
- Bosian G. 1933—1934. Assimilations- und Transpirationsbestimmungen an Pflanzen des Zentralkaiserstuhls. Ztschr. Bot., Bd. 26, № 1.
- Boussingault M. 1869. Sur les fonctions des feuilles. Annal. sci. natur., sér. 5, t. 10.
- Boysen-Jensen P. 1928. Über neue Apparate zur Messung der Kohlensäureassimilation, der Respiration, der Öffnungs—weite der Spaltöffnungen und der Beleuchtungsstärke. Planta, Bd. 6, H. 3.
- Boysen-Jensen P. 1932. Die Stoffproduktion der Pflanzen. Jena.
- Brackett F. S. 1935. Light intensity and carbon dioxide concentration as factors in photosynthesis of wheat. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, vol. 3.
- Brooks W. 1892. Über tägliche und stündliche Assimilation einiger Kulturpflanzen. Halle.
- Brown A. H., A. O. C. Nier, R. W. van Norman. 1952. Measurement

- of metabolic gas exchange with a recording mass spectrometer. Plant Physiol., vol. 27, № 2.
- Burk D., A. L. Shade, I. Hunter and O. Warburg. 1951. Three-vessel and one-vessel manometric techniques for measuring CO₂ and O₂ gas exchanges in respiration and photosynthesis. Symp. Soc. Exp. Biol., vol. 5.
- Butin H. 1954. Physiologisch-ökologische Untersuchungen über den Wasserhaushalt und die Photosynthese der Flechten. Biol. Zbl., Bd. 73, H. 3.
- Cain J. R. and L. C. Maxwell. 1919. An electrolytic resistance method for determining carbon in steel. Journ. Industr. a. Enginer. Chem., vol. 11, № 8.
- Carlberg J. J. 1936. Bestämning av pH-värdet i utspädda bicarbonatlösningar vid olika CO2-tryck. Acta forest. fenn., t. 42, № 3.
- Cartellieri E. 1940. Über Transpiration und Kohlensäureassimilation an einem hochalpinen Sandorft. Sitz. Ber. Akad. Wiss., Wien., Math.-naturw. Kl., Abt. 1, Bd. 149. H. 3—6.
- Čatský J., B. šlavík. 1958a. Modifikace Ålvikovy metody stanoveni intensity fotosyntesy v polnich podmínkách. Sborník Československé Akad. zemedelských věd. Rostlinna výroba, ročnik 4 (XXXI), čislo 1.
- Čatský J. und B. Šlavík. 19586. Eine neue Anwendung der CO₂-Bestimmung nach Kauko zu Assimilationsmessungen. Planta, Bd. 51, H. 1.
- Curtel G. 1890. Recherches physiologiques sur la transpiration et l'assimilation pendant les nuits norvégiennes. Rev. gén. bot., t. 2.
- Eckardt F. 1952. Rapports entre la grandeur des feuilles et le comportement physiologique chez les zérophytes. Physiol. plantarum, vol. 5, fasc. 1.
- Eckardt F. 1953. Transpiration et photosynthèse chez un xérophyte mésomorphe. Physiol. plantarum, vol. 6, fasc. 2.
- Egle K. und A. Ernst. 1949. Die Verwendung des Ultrarotabsorptionsschreibers für die vollautomatische und fortlaufende CO₂-Analyse bei Assimilations- und Atmungsmessungen an Pflanzen. Ztschr. Naturforsch., Bd. 46, H. 6.
- Egle K. und W. Schenk. 1951. Die Anwendung der URAS in der Photosyntheseforschung. Ber. Dtsch. Bot. Ges., Bd. 64, H. 7-8.
- Farkas G. L. 1954. Die toxische Wirkung einiger Zucker auf die Wurzeln der Pflanzen. Zuckerantagonismus. Biol. Zbl., Bd. 73, H. 4.
- Frear D. E. H. 1935. Photoelectric apparatus for measuring leaf areas. Plant Physiol., vol. 10, № 3.
- Frenzel B. 1955. Einige Bemerkungen zu der CO2 Bestimmungs-

- methode nach Ålvik. Planta, Bd. 46, H. 4.
- Friedmann Ch. 1933. Die Konduktometrische Titration bei der Assimilationsbestimmung. Ztschr. Bot., Bd. 26, № 2.
- Gassner G. und G. Goetze. 1932. Über den Einfluss der Kaliernährung auf die Assimilationsgröße von Weizenblättern. Ber. Dtsch. Bot. Ges., Bd. 50a, H. 3.
- Gessner F. 1955. Hydrobotanik. Die physiologischen Grundlagen der Pflanzenverbreitung in Wasser, Bd. 1. Berlin.
- Guttenberg H. von. 1931. Beiträge zur Kenntnis der Laubblatt-Assimilation in den Tropen, Ann. Jard. bot. Buitenzorg., 41.
- Harvey R. B. and L. O. Regeimbal. 1926. A conductivity cell for continuous measurements of respiratory rate. Plant Physiol., vol. 1, № 2.
- Heath O. V. S. 1939. Experimental studies of the relation between carbon assimilation and stomatal movement. I. Apparatus and technique. Ann. Bot., vol. 3, № 10.
- Heinicke A. J. 1933. A special air chamber for studying photosynthesis under natural conditions. Science, vol. 77, № 928.
- Heinicke A. J. and N. F. Childers. 1937. The daily rate of photosynthesis, during the growing season of 1935, of a young apple tree of bearing age. Cornell Univ. Agr. Exp. Stat. Mem., № 201.
- Heinicke A. J. and M. B. Hoffman. 1933a. An apparatus for determining the absorption of carbon dioxide by leaves under natural conditions. Science, vol. 77, № 55.
- Heinicke A. J. and M. B. Hoffman. 1933b. The rate of photosynthesis of apple leaves under natural conditions, Pt. I. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull., № 577.
- Holdheide W., B. Huber und O. Stocker. 1936. Eine Feldmethode zur Bestimmung der momentanen Assimilationsgröße von Landpflanzen. Ber. Dtsch. Bot. Ges., Bd. 54, H. 2.
- Hoover W. H., E. S. Johnston and F. S. Brackett. 1933. Carbon dioxide assimilation in a higher plant. Smitsonian Miscel. Collect., № 87.
- Huber B. 1950. Registrierung des CO₂-Gefälles und Berechnung des CO₂-Stromes über Pflanzengesellschaften mittels Ultrarotabsorptionsschreiber. Ber. Dtsch. Bot. Ges., Bd. 63, H. 3.
- Ingen-Housz J. 1779. Experiments upon vegetables, discovering their great power of purifying the common air in the sunshine and of injuring the accurate degree of salubrity of the atmosphere. London.
- Joshii J. 1928. Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Kohlensäureassimilation bei Bohnen. Planta, Bd. 5, H. 5.
- (Kamen M.) Камен M. 1948. Радиоактивные изотопы в биологии. Изд. иностр. лит., M.

- Kamen M. D. 1949. Some remarks on tracer researches in photosynthesis. In: J. Franck a. W. J. Loomis (ed.). Photosynthesis in plants. Ames, Jowa.
- Kauko Y. 1932. Das Bestimmen der Kohlensäure in der Luft. Vorl. Mittls. Suomen Komistilehti, Bd. 5, H. 1.
- Kauko Y. 1934a. Zur Kenntnis des Systems Base-Kohlensäure-Wasser in verdünnten Lösungen. Ann. Acad. sci. fenn., ser. A, t. 39, fasc. 2.
- Kauko Y. 1934b. Zur Bestimmung der Kohlensäure in der Luft mit Hilfe von pH-Messungen. Ztschr. angew. Chemie, Bd. 47, H. 1.
- Kauko Y. 1935. Ein Apparat zur potentiometrischen Bestimmung der Luftkohlensäure. Ztschr. angew. Chemie, Bd. 48, H. 3.
- Kauko Y. und J. Carlberg. 1935. Praktische Ausführung der Kohlensäurebestimmung in Gasgemischen mit Hilfe von pH-Messungen. Ztschr. analyt. Chemie, Bd. 102, H. 3.
- Koch W. 1956. Eine neue Methode zur Lösung des Küvettenproblems bei der Registrierung des Gaswechsels. Naturwissenschaft, Bd. 43, H. 4.
- Krause W. 1953. Über den Einfluss winterlicher Bewässerung auf Bergwiesen des Schwarzwaldes. Ztschr. Acker- u. Pflanzenbau, Bd. 97, H. 2.
- Lange O. L. 1953. Hitze- und Trockenresistenz der Flechten in Beziehung zu ihrer Verbreitung. Flora, Bd. 140, H. 1.
- Lange O. L. 1956. Zur Methodik der kolorimetrischen CO₂-Bestimmung nach Ålvik. Ber. Dtsch. Bot. Ges., Bd. 69, H. 2.
- Lundegårdh H. 1922. Neue Apparate zur Analyse des Kohlensäuregehalts der Luft. Biochem. Ztschr., Bd. 131, H. 1/2.
- Lundegårdh. H. 1924. Der Kreislauf in Kohlensäure in der Natur. Jena
- (Lundegårdh H.) Люндегорд Г. 1937. Влияние климата и почвы на жизнь растений. Сельхозгиз, М.
- Lundegårdh H. 1957. Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben, Aufl. 5. Jena.
- Mason H. L. and P. R. Stout. 1954. The role of plant physiology in plant geography. Ann. Rev. Plant. Physiology, vol. 5.
- McAlister E. D. 1937. Spectrographic method for determining the carbon dioxide exchange between an organism and its surroundings. Plant Physiol., vol. 12, № 1.
- Mitchell J. W. 1935. A method of measuring respiration and carbon fixation of plants under controlled environmental conditions. Bot. Gaz., vol. 97, № 2.
- Neuwohner W. 1938. Die täglichen Verlauf von Assimilation und Atmung bei einigen Halophyten. Planta, Bd. 28, H. 4.

- Newton R. G. 1935. An improved electrical conductivity method for the estimation of carbon dioxide and other reactive gases. Ann. Bot., vol. 49, № 2.
- Nutmann F. J. 1937. Studies of the physiology of Coffea arabica. I. Photosynthesis of Coffee leaves under natural conditions. Ann. Bot., N. S. vol. 1, № 3.
- Osterhout W. J. V. and A. R. C. Haas. 1918. A simple method of measuring photosynthesis. Science, vol. 47, № 1217.
- Paech K. und W. Simonis. 1952. Übungen zur Stoffwechselphysiologie der Pflanzen. In: Pflanzenphysiologische Praktika, Bd. 1, Berlin.
- Pisek A. und W. Tranquillini. 1954. Assimilation und Kohlenstoffhaushalt in der Krone von Fichten (Picea excelsa Link) und Rotbuchenbäumen (Fagus silvatica L.). Flora, Bd. 141, H. 2.
- Plaetzer H. 1917. Untersuchungen über die Assimilation und Atmung von Wasserpflanzen. Verhandl. Phys. med. Ges. Würzburg, Bd. 45.
- Polster H. 1950. Die physiologischen Grundlagen der Stofferzeugung im Walde. München.
- Polster H. und S. Fuchs. 1956. Verwendungsmöglichkeiten des Ultrarotabsorptionsschreibers für Assimilations- und Atmungsmessungen in Freiland. Biol. Zbl., Bd. 75, H. 5/6.
- (Rabinowitsch E.) Рабинович Е. 1951a, 1953. Фотосинтез, тт. 1 и 2. Изд. иностр. лит., М.
- Rabinowitsch E. 1951b. The World's energy supplies and their utilisation. Proc. Amer. Acad. Arts. a. Sci., vol. 79, № 4. (Conference on the Sun of the Service of Man).
- Rither J. H. 1956. Interrelation between photosynthesis and respiration in the marine Flagellate, Dunaliella euchlora. Nature, vol. 178, № 4538.
- Ruben S., W. Z. Hassid and M. D. Kamen. 1939. Radioactive carbon in the study of photosynthesis. Journ. Amer. Chem. Soc., vol. 61, № 3.
- Sachs I. 1884. Ein Beitrag zur Kenntnis der Ernährungstätigkeit der Blätter. Arb. Bot. Inst. Würzburg, Bd. 3. H. 1.
- Sajaniemi I. K. 1936. Ilman hiilihapen määrääminen. Zur Bestimmung der Kohlensäure in der Luft. Acta forest. fenn., t. 42, № 4.
- Saussure T. 1804. Recherches chimiques sur la végétation. Paris.
- Schanderl. H. und G. Bosian. 1939. Über einige Verbesserungen an der CO₂-Bestimmungsapparatur nach Holdheide—Huber—Stocker. Ber. Dtsch. Bot. Ges., Bd. 57, H. 2.
- Schimper A. F. W. und F. C. Faber. 1935. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage, Bd. 1. Jena.
- šetlik J. 1954. Polní metody pro stanovený intensity fotosynthesy.

- V: Praktikum fytocenologie, ekologie, klimatologie a pudoznalstvi. Praha.
- Smith J. H. C. 1943. Molecular equivalence of carbohydrates to carbon-dioxide in photosynthesis. Plant. Physiol., vol. 18, № 3.
- Spoehr H. A. and J. M. McGee. 1923. Studies in plant respiration and photosynthesis. Carnegie Inst. Publ., 325.
- Spoehr H. A. and J. M. McGee. 1924. Investigations in photosynthesis.

 An electrometric method of determining carbon dioxide. Journ.

 Industr. Enginer. Chem., vol. 16, № 2.
- Stålfelt M. G. 1935. Die Spaltöffnungsweite als Assimilationsfaktor. Planta, Bd. 23, H. 6.
- Steemann-Nielsen E. 1955. The interaction of photosynthesis and respiration and its importance for the determination of C¹⁴-discrimination in photosynthesis. Physiol. plantarum, vol. 8, № 4.
- Stocker O., S. Rehm and J. Paetzold. 1938. Beiträge zur Methodik der kurzfristigen Assimilationsmessung. Pringsheim's Jahrb. wiss. Bot., Bd. 86, H. 2.
- Strugger S. und W. Baumeister. 1951. Zur Anwendung des Ultrarotabsorptionsschreibers für CO₂-Assimilationsmessungen im Laboratorium. Ber. Dtsch. Bot. Ges., Bd. 64, H. 1.
- Thoday B. 1909. Experimental researches on vegetable assimilation and respiration. V. A critical examination of Sacks method for using increase of dry weight as a measure of carbon dioxide assimilation in leaves. Proc. Roy. Soc. London, Ser. B. vol. 82, № 552.
- Thomas M. D. 1933. Precise automatic apparatus for continuous determination of carbon dioxide in air. Insdustr. a. Enginer. Chem., Anal. ed., vol. 5.
- Thomas M. D., R. H. Hendriks and G. R. Hill. 1944. Apparent equilibrium between photosynthesis and respiration in an unrenewed atmosphere. Plant. Physiol., vol. 19, № 2.
- Thomas M. D. and G. R. Hill. 1937. The continuous measurement of photosynthesis, respiration and transpiration of alfalfa and wheat growing under field conditions. Plant. Physiol., vol. 12, № 2.
- Thomas M. D. and G. R. Hill. 1949. Photosynthesis under field conditions. In: J. Franck a. W. J. Loomis (ed.). Photosynthesis in plants, Ames, Jowa.
- Tranquillini W. 1954. Über den Einfluss von Übertemperaturen der Blätter bei Dauereinschluss in Küvetten auf die ökologische CO₂-Assimilationsmessung. Ber. Dtsch. Bot. Ges., Bd. 67, H. 6/7.
- Uhl A. 1937. Untersuchungen über die Assimilationsverhältnisse und die Ursachen ihrer Unterschiede in der Gattung Pinus. Jahrb. wiss. Bot., Bd. 85, H. 3.

- Van Norman R. and A. H. Brown. 1952. The relative rates of photosynthetic assimilation of isotopic forms of carbon dioxide. Plant Physiol., vol. 27, № 4.
- Waller I. C. 1926. The katharometer as an instrument for measuring the output and intake of carbon dioxide by leaves. New Phytologist, vol. 25, № 1.
- Walter H. 1944—1949. Über die Assimilation und Atmung der Pflanzen im Winter bei tiefen Temperaturen. Ber. Dtsch. Bot. Ges., Bd. 62, H. 2.
- Walter H. 1951. Einführung in die Phytologie. III. Grundlagen der Pflanzenverbreitung. I. Teil. Standortslehre. Stuttgart.
- Warburg O. 1919. Über die Geschwindigkeit der photochemischen Kohlensäurezersetzung in lebenden Zellen. Biochem. Ztschr., Bd. 100, H. 1.
- Watson D. J. 1952. The physiological basis of variation in yield. Advances in Agronomy, vol. IV.
- Weintraub R. L. 1944. Radiatin and plant respiration. Bot. Rev., vol. 10, № 8.
- Williams R. F. 1939. Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition. 6. Analysis of the unit leaf rate. Austral. Journ. Exp. Biol. a. Med. Sci., vol. 17, № 2.
- Williams R. F. 1946. The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation, rate Ann. Bot., vol. 10, № 37.
- Willstätter R. und A. Stoll. 1918. Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure. Berlin.
- Winkler A. 1898. Untersuchungen über die Stärkebildung in den verschidenartigen Chromatophoren. Jahrb. wiss. Bot., Bd. 32.
- Wolf J. M., A. H. Brown and D. R. Goddard. 1952. An improved electrical conductivity method for accurately following changes in the respiratory quotient of a single biological sample. Plant Physiol., vol. 27, № 1.
- Zeller O. 1951. Über Assimilation und Atmung der Pflanzen im Winter bei tiefen Temperaturen, Planta, Bd. 39, H. 6.

陆生植物呼吸作用的生态学研究 方法概述和基本原則

О. А. 謝米哈托娃(Семихатова)

(苏联科学院植物研究所光合作用研究室)

引言

呼吸作用和光合作用是植物生命活动的基本过程。在呼吸作用的氧化-还原反应鏈中,首先是形成一系列有反应能力的中間产物,其次是释放能量。这些物质和能量用于植物体内存在的复杂有机合成过程。因此,呼吸过程和生长以及植物的新陈代謝过程是紧密联系的。正因为这种联系,呼吸作用的变化一定要引起整个新陈代謝过程的变化,而且,在某种程度上可以根据呼吸作用的变化来判断代謝的变化。因此,不仅仅是那些旨在闡明呼吸这一过程的生理学和化学机制的工作者研究呼吸作用。在許多研究中,为了获得关于整个新陈代謝特征和强度的概念,也对呼吸作用进行測定,就是說,把这种测定作为植物生命活力的某种綜合指标。

作为这种指标的呼吸作用,被用来說明任何一定生境的植物的特征,或者闡明因植物迁移到新环境中所引起的变化。查明可塑性最大的种,或相反比較保守的种,比較評定农作物品种或生物群落中的个别种也往往是通过对研究对象的呼吸作用强度的測定来实现的。

整个新陈代謝与呼吸作用的不可分割的联系, 使得研究这一过程对外界环境因素的依賴关系的工作, 成了闡明植物忍耐这些因素的任一强度的潜在能力的可貴手段。例如, 植物进行正常呼

吸作用所处的溫度带的寬度和位置,就可以說明植物对高溫和低溫的忍耐性(Семихатова, 1956)。呼吸作用在水分損失时的变化,可能是該植物器官或組織所容許的飽和差的指标(MycaeBa, 1957,等等)。此外,对比呼吸作用的动态与外界因素的变化使我們有可能闡明植物任一生境所特有的綜合体中的主导因素。

呼吸作用的研究对鑑定植物生产率的研究者来說也有重大意义。問題在于: 呼吸作用过程中要消耗光合作用过程中所积聚的物质, 結果是植物重量减少。这种損失是新陈代謝的一个必要环节,它往往与植物的生长相关联(如大家所知道的,許多植物是在晚上生长)。但是,在計算植物生产率时,必須从白昼光合作用所提供的重量生长量中减去呼吸数值(Иванов, 1940)。計算所謂真实光合作用也要考虑呼吸数值。因此,为了計算植物在具体生长条件下的总生产率,大量研究呼吸作用的工作正是联系光合作用来进行的(Заленский, 1956; Huber 和 Polster, 1955,等等)。

可見,在探討許多极重要的植物学問題时都要研究呼吸作用。 因此,測定呼吸作用的方法对广大的植物学家(其中包括地植物学家)来說都是有意义的。

呼吸作用测定方法簡述和分类

仅仅是陆生植物的呼吸作用的測定方法也是非常多的。記載 呼吸作用在研究对象本身中或在周围环境中所引起的变化,可以 測量呼吸作用。呼吸作用的总方程式是:

$$G_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6H_2O + 6GO_2$$
.

式中呼吸材料有条件地表現为碳的 $C_6H_{12}O_6$ 形式,而 在平衡式的 右边列出了碳被氧所氧化后的最終产物。这个方程式表明了測定 呼吸作用的可能途径:即記載研究对象中呼吸材料含量的变化、周围环境中氧的損耗或二氧化碳的增加。呼吸作用所引起的水分含量变化不大,在植物細胞水分高度飽和的背景上,实际上不能測量 出来。

因此,可以通过碳素这个最普遍的呼吸材料的含量測定或直接根据植物保持在黑暗中一定时間的前后的干重来确定 呼吸作用。其作法如下。

用直径不大的钻孔器把研究植物的不同叶片(或不同器官)切成許多小圓片,将 2—3 片这样作出的中等样品风干到恒重。为了避免同化物的流失,剩下的叶片都剪下并放入黑暗中的潮湿的容器内。过一定时間后,从中取出一些样品干燥。前一次样品与后一次样品重量之誤差即相当于呼吸作用的物质損耗。这个誤差按照单位叶片面积和单位时間計算就表示研究对象呼吸作用的强度。

然而,呼吸作用是一个相当緩慢的过程,它所引起的重量变化 通常不大。因此,用这种方法測呼吸作用不得不在試驗中进行长 期的曝光。而长时間的曝光往往是不好的,这首先是因为呼吸材 料的消耗过程本身也要导致呼吸作用的变化。因此,根据干重的 損失只能对呼吸作用进行大体的和近似的計算。

但是,在某些研究中应用这种方法确是簡而易行的。例如,研究种子时便經常用到它。在这种情况下,呼吸材料的消耗沒有重大的意义,因为种子中通常有許多呼吸材料。然而,应該考虑到,当种子摆在滤紙或其它湿潤的基质上时,种子中有某些物质会被提取出来,結果就要出現与呼吸作用完全无关的重量损失。

流行較广的是根据气体交換——根据二氧化碳和氧气計算呼 吸作用的方法。下面先介紹一下第一类方法。

这类方法彼此的差別首先在于用什么办法計算植物在一定时間內放出的 GO₂ 的数量。最簡单的因而应用最广的、測定二氧化碳的方法是用碱去吸收它,然后計算这样所引起的气体样品体积或溶液碱性的变化¹⁾。

最近, 借助于在有指示剂存在的情况下用酸滴定碱性吸收溶

¹⁾ 在 19 世紀的許多著作中,例如在 И. П. 博罗丁(Бородин, 1876)的經典性研究中,都不是用碱性溶液吸收器,而是用装有固体碱的管子。称这些管子的重量就可計算被結合的二氧化碳的数量。

液的化学方法而实現¹⁾。在某些情况下"用二氧化碳进行滴定",为此,試驗的时間要延續到碱被呼吸作用的二氧化碳全部中和时为止。碱中預先加入指示剂 (Ничипорович 和 Бакулина, 1930; Извощиков 和 Неговелов, 1954)。根据含指示剂溶液的颜色变化,也可判断一定量(还未使溶液全部中和)的二氧化碳被吸收后的碱的浓度变化(Frenyo, 1954)。

被吸收溶液的碱性变化也可用电导法来測定,即根据二氧化碳被吸收时碱性溶液电导率的变化来測定(Вознесенский,1958)。

最近十年来,測定二氧化碳的所謂比色法引起了植物学家們的很大注意。这一方法的基础是: 用比色的办法来計算碳酸氢盐溶液 pH 的变化,这些变化是当空气与溶液达到平衡时二氧化碳浓度发生变化的情况下出現的。早在哈斯 (Haas, 1916)就提出用这个方法来測呼吸作用,后来博拉斯 (Bolas, 1926)等又对它进行了研究;然而在近年来的文献中常見到的却是以物理-化学为基础的高柯法或奥尔維克法 (Ничипорович, 1955; Čatský, Šlavíc, 1958)。

此外,广泛利用的是以空气的某些物理性质因其中二氧化碳浓度发生改变因而引起变化为基础的二氧化碳测定法。例如,基于空气导热性变化的卡它测定法(катарометрический метод)(Stills 和 Leach, 1931)或(原則上是同一个方法)透明計法(диаферометрический метод, Vejlby, 1958; Семененко, 1958)。紅外綫吸收程度的变化是吸收气体分析器——URAS 等 (Scarth, Loewy 和 Shaw, 1948, Egle 和 Ernst, 1949)的基础。紅外綫光譜(McAlister, 1937)也是专門測定二氧化碳的高度灵敏的方法。

如果直接分析放有植物的密閉接受器(箱)中的气体,或者借助于定期地从这种接受器中抽出空气样品来作分析,或者借助于空气从具有植物的箱子通过这一或另一气体分析装置的不断环流,都可利用上述这些不同的測定二氧化碳含量的方法来研究呼

¹⁾ 参閱本卷中 O. B. 查連斯基的文章。

吸作用。在后一情况下,沿密閉系統可以形成环流或者通过有植物的箱子和气体分析器形成不断的外部空气流。

上列測定 GO₂ 的工具与用于分析植物箱內气体的各种方式的不同配合,結果出現了大量的各种各样的方法,它們在研究呼吸作用的过程中过去被应用过,和現在也在被利用着。我們仅介紹其中几种最为普遍的方法。

有一大批方法要求在整个試驗期間內把植物关在密閉箱內, 根据直接处于植物箱內的碱的浓度或碳酸氢盐的 pH 来計算在呼 吸过程中排出的二氧化碳数量,現在就来研究一下其中的几种方 法。

这些方法中最簡单的方法是所謂測定呼吸作用的烧瓶法。将支撑植物的网置于普通錐形烧瓶中。将一定体积的滴定碱注入瓶底。放入植物后,密閉烧瓶保持数小时之久,然后滴定碱,这样就可确定被碱所吸收的 GO₂ 的数量。对照的空烧瓶表示从空气中吸收了多少 GO₂。根据这两个数值之差,可算出呼吸作用的二氧化碳。在这一类方法的另一个方式中——經波依生—燕生改变 过的方法(Boysen-lensen, 1928)——植物箱是带毛玻璃塞的厚壁玻璃杯。植物放在用专門的玻璃棒撑住的薄网上。玻璃杯的容积在250毫升左右。

在最簡陋的实驗室条件下,用上述的方法測定呼吸作用是很方便的。其优点是簡单,可以同时获得大量的平行測定。缺点是必須进行較长时間的曝光和不能观察呼吸过程的动态。此外,某些研究对象,例如棉花的叶子(Есипова, 1956)在具有降低二氧化碳含量的大气中,其呼吸作用强度有改变。当然,这样的植物不多。然而,如果利用那些需要把植物保持在碱性环境中的方法,就要預先校正研究对象对这些条件的反应。

二氧化碳的扩散和吸收速度小,是在密閉箱中获得正确呼吸强度数值的主要的方法上的困难。因此,在每一次研究中都必須預先用該研究对象进行专門試驗,找出适量的植物材料,并使这些材料和碱达到最适的配置,以便使研究对象放出二氧化碳的速度

不致超过 CO2 扩散过程和碱的吸收过程的速度10。

在植物自然生境条件下測定呼吸作用有时也采用密閉箱,例如,与上述稍許不同的 Л. А. 依万諾夫和 Н. Л. 科索維 奇 法 (Иванов и Коссович, 1946)。

有些研究者为了研究呼吸作用的动态而改装了烧瓶法。例如, C. П. 科斯蒂切夫 (Костычев, 1937) 提出定期从烧瓶中取出空 气样品供分析二氧化碳含量之用。可是,当这样布置試驗时,被研 究对象就处于愈益增加的二氧化碳浓度条件下,这只有在一定的 比較窄的范围內才是可以容許的。

如果烧瓶中的碱用含有指示剂的碳酸氢盐溶液来代替(高柯, 奥尔維克的方法),那么用比色法所記載的 pH 值变化使我們有可 能追溯出呼吸作用的动态。許多文章 (Frenzel, 1955; Lange, 1956; Lieth, 1958; Заленский, 見本卷)对这种方法作了詳細分析,并說明了它在研究光合作用方面的有限可能性。在測定呼吸 作用时,沒有必要供給叶片以二氧化碳;此外,光合作用的气体交 換比呼吸作用的气体交換要强許多倍。因此,应用比色法測定呼 吸作用所遇到的反对意見比較少。

然而,要保証碱能足够迅速地和完全地吸收二氧化碳或与碳酸氢盐溶液达到平衡則是所有密閉箱法的共同困难。尽管原則上可以选择进行正确測定所必須的植物材料数量及其与吸收溶液在密閉箱(烧瓶)內的配置,但最好还是利用能人工混合溶液和內部大气的箱子。要进行混合可以搖动箱子或者借助于专門的螺旋浆(見 Заленский,Семихатова 和 Вознесенский,1955)或者沿閉环引入空气环流系統。在这样的系統中,箱內的空气通过气体分析器,然后又回到箱內,目前,紅外綫吸收气体分析器和其它現代化的高度灵敏的仪器都广泛利用这种系統。

用比色法記載碳酸氢盐 pH 值作为測定二氧化碳浓度的一种 方法,使得空气在环流过程中能"挤过"吸收溶液尤其好。

¹⁾ 如果不同称量的平行測定資料提供的結果出入很大(这是 植物材料数量过大时 所常見的),这就意味着沒有遵守必要的条件。

这种类型的可携带的、簡单的, 并且显然也很便于生态研究的方法之一是恰特斯基和斯拉維克 (Gǎtský, Šlavík, 1958) 的方法。不过, 在这种方法中, 閉环的空气环流被通过叶片箱及其碳酸氢盐及指示剂溶液的試管的經常气流所代替 (为了利用仪器来測量光合作用)了。

經常气流原則在許多測定光合作用和呼吸作用的方法中都被采用。这些方法在 А. А. 尼契波罗維奇 (Ничипорович 1940, 1955)、В. А. 布利梁特 (Бриллиат, 1950)、О. В. 查 連 斯 基 (見本卷)和許多方法指南中都得到了詳細的描述。最簡单的是彼健柯菲尔(Петтенкофер)法(Иванов, 1946)。这种方法中的二氧化碳吸收器¹⁾ 是斜放的长管,內盛碱,空气以小气泡鏈的形式通过小管。在气流速度不大时,二氧化碳可以足够完全地被吸收。二氧化碳的数量由碱的滴定来决定。彼健柯菲尔法可在实驗室条件下应用,但不宜于測定光合作用。在气流到达植物箱以前的途中設置几个德列克塞尔 (Дрексель) 玻璃瓶或其它装置以去除空气中的 GO2。至于植物箱本身,則和所有气流法一样,应該符合于研究对象的形式和大小,并保証二氧化碳能随气流从研究对象周围空气的各个方向流出去。

布勒克曼(Blakman, 1954)改进了彼健柯菲尔法,采用了一种很有价值的装置,利用它就可以更换吸收器,从而对同一个对象的呼吸作用可以連續进行好几次測定,也就是可以研究呼吸作用的动态。在所有这些变形中,彼健柯菲尔法对生态研究的意义較大。然而,最好是将更换吸收器的原則用于目前現有的較完善的吸收器类型(例如,捷斯諾科夫式吸收器;見 Вальтер, Пиневич, Варасова, 1957)。

图 1 描繪了測定植物气体交換的一种"气体"法的全部装置。 借助于抽吸器或泵制造通过叶片箱而进入盛碱性溶液的直立吸收

¹⁾ 吸收器有許多不同的結构。各种不同气流法按改进这些 結构的研究者的名字而得名,如奥尔多楊-克拉斯諾謝尔斯卡婭-馬克西莫娃(Ордоян-Красносельская-Максимова)法、里赫捷尔(Рихтер)法、捷斯諾科夫(Чесноков)法等。

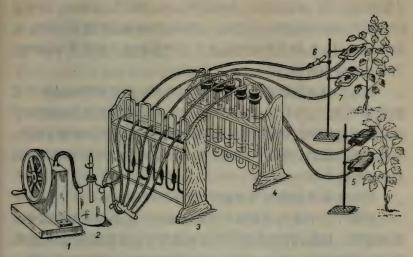


图 1 測定植物气体交換的裝置(根据納塞罗夫,1956) 1——科莫夫斯基式泵,2—— 真空玻璃瓶,3——电流計, 4——捷斯諾科夫式吸收器,5——測定 呼 吸 作 用 的叶片 箱,6——对照管,7——测定光合作用的叶片箱

器(这里有专門的气流噴散器)的气流。空气通过后,在一定的时間內測量吸收器中碱的浓度。根据两个吸收器的浓度差——气流进入其中一个吸收器是通过叶片箱的,进入另一个吸收器則是通过对照空箱或簡单地通过引入管——計算研究对象所放出的(或在光合作用中所吸收的)二氧化碳的数量。如果不要求同时測定空气中的二氧化碳浓度,那么就可不必測量通过的空气体积,然而必須使試驗吸收器和对照吸收器中的这种体积严格一致。碱浓度的測定通常在实驗室进行,要从野外把吸收器或专門的接受器(碱从呼吸器倒到这里)带到实驗室去。

气流法不要求复杂的設备,在綜合的定位研究中完全可以作到。然而,装备相当笨重和生产效率不高这些严重的缺点,限制了这类方法在呼吸作用生态研究方面的利用。因此,近来在积极寻求应用电导測定法以便在野外測定植物气体交换的 道路。B. Л. 沃茲湼先斯基(Вознесенский, 1958) 創造幷描述了利用电导法測气体交换的新的仪器結构。他的仪器的特点是非常輕便而簡单

(見本卷 O. B. 查連斯基一文中的图 19),同时相当准确,用它易于测定气体交换的动态。显然,这种仪器将得到广泛的应用。它在呼吸作用生态研究方面的缺点是生产效率低,但是其中的吸收器的数量可以增加。

前述的紅外綫吸收气体分析器 (URAS) 也是利用通过叶片箱的經常气流。它可以連續不断地記載气体交換过程或同时供应好几个同样的植物材料箱,这在生态学方向的工作中是特別可貴的。近年来都在試图在植物的自然生长条件下应用紅外綫气体分析器 (Polster 和 Fuchs, 1956; Leblond, 1958)。

現在来叙述根据氧气測定呼吸作用的方法。

呼吸作用中氧气的交换与植物力能的关系比二氧化碳的交换 更为密切。因此,研究者坚持不懈地探索着正是根据氧气来测定 呼吸作用的途径。然而,植物的气体交换,特别是呼吸作用的气体 交换,在試驗时間內只可能微小地改变空气中氧的含量,后者在正 常条件下达到 21%。可見,根据氧气测定呼吸作用的方法应保証 有可能精确地記載空气中总含量很高的氧气含量的微小变化。这 是一个很困难的条件。因此,在制訂合乎这些条件的方法的同时, 还要为研究陆生植物呼吸作用的研究試用测定水相(与空气处于 平衡)氧气的办法,如电测法和极譜法(Bolaz, 1957)。此外,某些 学者在研究在人工降低空中氧气含量的情况下测定呼吸作用的可 能性。如果氧气浓度降低,就可利用如"热通量"(Термофлюкс) 这类的方法。测定氮化亚鉻溶液吸收氧气时所释放出来的热量是 "热通量"法的基础(Tietz, 1954)。我們仅仅討論一下根据普通大 气中的氧测定呼吸作用的較普通的方法。

属于这类方法的首先是按被吸收氧气体积測定呼吸作用的方法。确定氧气体积通常是測量随着植物消耗氧气时压力的降低而进入接受器的水的体积。但是,只有消除被植物同时排出的二氧化碳时,压力才会下降,所以碱应放在植物箱內。因此,氧气的測定往往是与二氧化碳的測定(曝光后滴定碱)相配合。这样方法有很多不同的方案(Журавский, 1936; Denny, 1947; Толмачев,

1950; Вальтер, Пиневич, Варасова, 1957,等等)。能够計算呼吸系数 $\left(\frac{GO_2}{O_2}\right)$ 和观察呼吸作用的动态是这一方法的优点。应該强調指出,为了用这些方法也能与上述的密閉箱一样,获得同样正确的結果,必須保証碱能足够迅速地和完全地吸收二氧化碳。

目前測定呼吸作用用得最广泛的是检压法(Умбрайт, Буррис 和 Штауффер 1951; Kleinzeller, Málek, Vrba, 1954)。其基础是测量植物气体交换在小密閉箱內所引起的压力变化。这种測量由灵敏的压力計来进行。为了排除溫度对压力計中压力的影响,压力計应放在严格保持恒温的水浴中。由于排出的二氧化碳的体积接近于被吸收的氧气的体积,往往是人为地使一种气体(多为二氧化碳)的浓度(分压力)保持在不变的水平上,这样才用检压法来测定呼吸作用。这时,压力計中压力的测量整个地决定于参加植物气体交换的另一种气体(氧气)。通常,用处于压力 計 的专門容器中的碱,来吸收二氧化碳,以达到此目的。

不过,用碳酸盐溶液和碳酸氢鈉溶液的混合物也可以使压力 計中二氧化碳的浓度經常保持到接近于自然条件下的浓度。存在 着不仅是測量氧气交换的,而且同时測量二氧化碳交换的各种检 压法。

大量不同的仪器和装置都采用了上述检压测量的基本原则。例如,經常利用的有差异的压力計 的 仪器 (Вальтер, Пиневич, Варасова, 1957)。在这些压力計的两端套有容器,其中一个放植物,第二个——补偿的——供消除大气压力和温度变化影响之用。因此,用这种压力計仪器测定呼吸作用时,可以不如流行較广的瓦尔布格仪器那样严格地保持恒温池中的恒温,后一种仪器用的是一端敞开的所謂瓦尔布格式压力計。一般认为,瓦尔布格的仪器是典型的实驗室仪器。然而,生产效率高,工作簡单,灵敏度高,除从不同方面研究呼吸作用(按氧气和二氧化碳的体积,从而按呼吸系数值)外,还可研究呼吸作用的动态,这一切使人很乐于在生态学研究方面应用压力测定法。近年来,苏联科学院植物研究所制出了新的压力测定仪结构(图 2),适用于定位站和半定位站(Семи-

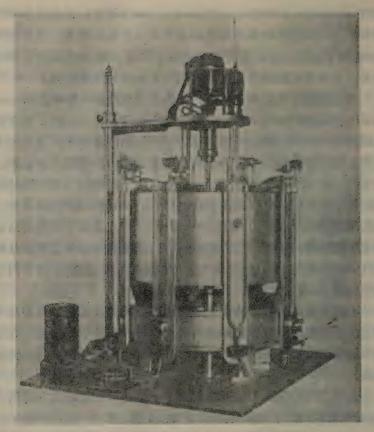


图 2 測定植物呼吸作用的压力測量仪 (根据沙米哈托娃和阿尔卡德也夫,1957)

хатова 和 Аркадьев, 1957)。

在进行測定时,必須把研究对象保持在人工的和严格固定的 溫度条件和二氧化碳浓度条件下,而在研究大型植物时,必須只是 研究从整株植物上摘下的小部分样品的呼吸作用,这是所有检压 測量装置的共同点。

是的,舒尔茨 (Schultz, 1958) 曾經描述了应用压力測定法来 測定整株小植物(甜菜)的呼吸作用,不过,这未必是該方法在应用 方面的前途。 近年来,不同学者利用以氧气的順磁性为基础的气体分析器对呼吸作用进行了一系列的測定。这些气体分析器的特点是灵敏度很高,能够同时測定許多植物材料样品,便于使用通过植物箱的經常气流进行工作(Агейкин等, 1957; Müller, 1958; Young 和Biale, 1950)。但是,如果用这种方法測定氧气,就必須清除被分析空气中的二氧化碳,空气中水汽的含量要严格固定,仅器要准确地保持恒溫。因此,用順磁性气体分析器分析氧气的条件比应用其它方法(如检压法)較为复杂。然而,尽管如此,順磁性气体分析器,很显然,无論在純生理研究,或者在生态-生理研究方面,都将得到广泛的应用。

上面各种方法的簡述表明,研究呼吸作用存在着許多不同的可能性。根据研究对象干重的損耗,根据排出二氧化碳的数量,根据吸收氧气的数量,都可測定呼吸作用。根据二氧化碳測定呼吸作用的方法应用最广。根据在測定植物排出的(或吸收的)二氧化碳或氧气时所采用的方式可以将各种方法进行分类。

就进行呼吸作用研究的条件而言, 現有的方法也是各有不同的。除了可以直接在植物生长地应用的那些簡单而原始的方法外, 还有許許多多純实驗室的方法。这些方法往往要求在測定植物箱内的呼吸作用时, 保持溫度不变, 而且有时要用人造大气(沒有二氧化碳或保持固定的二氧化碳浓度等)。此外, 还有些方法是应用有高度效能和灵敏度的气体分析器。在任何的, 其中包括接近于自然界的叶片箱内的条件中, 在气流通过叶片箱进入气体分析器的情况下都可利用这些方法。但是, 这些仪器要用电流, 要保持恒温等。

在呼吸作用的生态学研究中,不仅是那些可以直接在野外条件下利用的方法,上述各类方法都可采用。为了評价应 用 各个方

法的可能性和从中选择最适于解决这一或那一具体任务的方法, 必须研究,哪些指标可以代表呼吸作用的特征,生态学研究对方 法有哪些要求。

在生态学研究中說明呼吸作用特征的指标

用上列各种方法,可以根据称量的結果計算植物材料在一定时間內所吸收(或排出)的氧气(或二氧化碳)的数量,即求出該样品的呼吸强度。然而,在生态学研究中需要知道的不是分別地取出的植物材料样品的呼吸强度,而是在該生活条件下一定植物种(或品种)的呼吸强度。如引言所指出,实际上在生态研究中測定呼吸作用通常是为了1)根据新陈代謝的强度对比各个植物种(或品种),2)查明这个或那个种对外界条件的反应,3)計算植物种在該生活条件下的生产率。在每种情况下,都必须对代表該生活条件下整組植物(而不是个別样品或植物)特点的呼吸强度得到一个概念。这一任务要求与生理-生化研究不同地来利用測定,呼吸作用的方法。在生理-生化研究中可以挑选几个差别最小的样品以求平行測定的結果相近似,所以进行2一3次平行測定就够了。

为了描述某一植物种在該生境中的呼吸作用,不要求挑选一致的样品,相反,应尽可能較完全地包括被研究植物类群各种代表的呼吸作用强度的所有变异范围。为此,必須选择的或者是很多的中等試样,或者(如果对植物学对象和現有方法来說是比較可行的話)是很大量的、用該种植物的各种代表所进行的平行測定。根据这些測定的数据可計算該种植物呼吸作用的平均强度。必须着重指出:这是一定的,通常在該生境中最典型的或者是最适的条件下的平均值。各次测定对这一数值的平均偏差,并不只是說明不同对象的平均值之間的差别的真实性特点的算术平均的 誤 差。由于植物的年龄和生长状况的不同,显然,也由于种的特性不同,各次测定的"偏差"(它們对平均值的偏差)将是不一样的。因此,这种偏差的平均值不但表示該种的不同代表在具体条件下的呼吸

作用强度的多变性(Вариабильность),而且它本身就是植物生长 状况的指标,这种指标应該是专門研究的对象。因此,为了取得 呼吸强度的正确数值,为了能最深刻地洞悉所研究的对象,測定呼 吸作用必須有大量的重复。由此很清楚,使呼吸作用測定法具有 高度的效能,保証能用大量的平行試样进行平行測定的可能性对 生态学研究来說是非常重要的。

此外,必須使被使用的方法可以对植物材料同一个試 样 的呼吸作用进行好几次連續的測定。

呼吸作用对任何刺激作用都很敏感。研究者在准备測定时对待材料的疏忽(不能扭轉、折叠或压縮叶片或其它器官)而造成的机械刺激也可能是这样。当研究对象移到曝光条件下时的急剧温度变化或湿度等因素的自然波动(測定呼吸作用前发生的)也能成为刺激作用,因此,呼吸作用在測定时可能升高,其强度可能发生显著变化,甚至,在研究对象受到严重伤害时,呼吸作用可能下降。如果进行一次短时間的測定,記載下来的可能是呼吸强度在刺激作用影响下而变形了的数值,即得到的可能是偶然的和不可靠的結果。观察呼吸作用在2—3小时內的动态,就可以根据呼吸作用过程的性质确定是否有刺激作用的影响和呼吸作用在什么时候开始稳定下来。刺激作用通常是使呼吸作用产生为时不长的变化。

其所以必須对同一对象的呼吸作用进行一系列連續的測定,不只是出于方法論上的考虑。呼吸作用动态的性质本身就是一个比强度值更能提供較深刻的呼吸作用鑑定的指标。例如,对面包树来說,夏季的特点是:除呼吸作用强度較低外,而且呼吸过程平緩,但冬季,叶片摘下后,呼吸作用就显著地下降 (Imandar a. Singh, 1936)。这証明常綠植物在一年中不同时間其生理状况在有深刻差异。其次,不同植物种对条件显著变化的忍耐性不同。进行比較研究时,闡明哪些种比較能忍耐和哪些种比較不能忍耐是很重要的。

因此,在試驗条件下研究呼吸作用的动态,不但可以检查所作 測定的正确性,而且可以得到許多有价值的关于被研究植物的补 充資料。

为了得到上述的指标(最适条件下呼吸作用的平均强度,对这一平均值的偏差值和呼吸作用的动态),采用的方法应保証有可能进行大量的測定和对每一个試样連續进行若干次測定。这些要求不是选择或剔除这种或那种方法的根据,但是指出了应如何进行呼吸作用的測定。几乎每一种方法在原則上都可保証大量的測定和获得有关呼吸作用动态的鑑定;然而,从簡述中已可看出,有些方法較易达到这一要求,另一些方法則較难,这是必須考虑到的。

在許多研究中,除了上述的一般呼吸作用指标外,还必須获得 这一过程的較深入的鑑定。在这种場合就要研究呼吸作用的定性 方面——酶的組成(例如参加呼吸过程的氧化酶的組成),根据呼 吸系数值在很大程度上可以判断出来的呼吸材料,等等。研究呼 吸对外界条件的依賴关系也可提供深入的分析。事实上,表述呼 吸作用对这一或那一外界环境因素的依賴关系的曲綫,各种不同 植物可能有重大的差別。这些曲綫的特点是:扭折点或过程的轉 变点的位置,傾角和其它許多有很大意义的指标。

溫度是对呼吸作用影响最大的因素。因此,許多植物呼吸作用对溫度的依賴关系都得到了研究,而它的特征指标——呼吸的最适度(曲綫的扭折点),临界溫度(导至呼吸动态变化的溫度) 和溫度系数(Q10——曲綫的傾角)則常常用于生态研究(Kuijper, 1911; Wager, 1941; Pyбин, 1956)。当然,并不是所有这些数值都具有同样的意义。例如,应用 Q10 来描述植物种显然沒有必要,因为它的变化不大,而且計算的精确度也不够 (Семихатова 和 Денько, 1958)。然而,在批判性地选择代表呼吸对外界因素的依賴关系曲綫特征的指标时,可能得到有价值的关于这种或那种植物特点的資料。根据这些指标可以了解各植物在忍耐性方面的差别,这个或那个种对生存条件适应程度的差别,各别种的代謝过程的保守性或可塑性等。因此,为了对比不同植物或为了深入分析研究对象,研究主要外界因素对植物呼吸作用的影响是非常重要的。

选择测定呼吸作用的方法的基本原則

各种方法的制定永远是根据提出的具体任务和研究目的。因此,每一种方法都适于获得在解决某一問題时所必需的一定指标,适于闡明被研究过程的一个方面。現在还沒有万能的和适于任何研究的方法。如果利用的是很少适于該工作目的的方法,那么,解释用它所获得的結果就非常困难。因此,必须专門討論一下如何选择研究呼吸气体交換这一或那一方面的方法。

生态学研究永远是比較性的。这些研究的基础务必是对比被 研究对象在各种外界条件下的呼吸作用,或者对比不同的对象(栽 培植物的品种,植物种或各别器官),或者联系(比較)光合作用进 行測定。

依为了解决提出的任务必须进行什么样的比較为轉移,研究者必須这样或那样地回答下列問題:进行測定时应把被研究对象保存在什么样的条件下——是人为的条件呢?还是尽可能地接近植物現有的自然生境条件呢?对这个問題的回答在很大程度上决定了方法的选择。

假定呼吸作用研究的任务是查明一系列植物的生产率,那么,对提出的問題只能坚决地这样回答。为了查明生产率必須知道,有多少同化物是在植物生长的具体条件下被植物的不同部分的呼吸过程所消耗了。因此,需要直接在植物的生活地研究呼吸作用,必須采取一切可能措施在試驗时保持溫度、湿度、二氧化碳浓度、光照等的自然条件。因此,在这种方向的工作中要求所采用的方法最能保証試驗条件接近于自然条件,要求所采用的方法易于得到呼吸动态的鑑定和大量的同时測定。用于研究光合作用的那些气流法、比色法(斯拉維克和恰特斯基法)、电导測定法(沃滋涅先斯基法)、紅外綫吸收自記器等都属于这样的方法。然而必須了解,呼吸的气体交換比光合作用的气体交换弱几十倍。因而,在测定呼吸作用时,試驗中的曝光时間或試样的大小都应比光合作用

試驗中的大很多。

让我們进一步研究,当工作任务是为了查明植物对条件变化的反应而測定被研究对象的呼吸作用对外界因素的依賴关系时,需要采用什么样的方法。解决这一任务可能有两个途径,它們要求不同的測定呼吸作用的方法和不同地整理所获得的結果。

其中一个途径是在自然条件下研究呼吸作用在长时間內的变化过程。这时,必須同时記載溫度、湿度、光照等的变化。对比呼吸作用随外界条件变化而发生的变化,可以查明作为該生境特征的气候綜合体中的主导因素。选出在随便一个什么因素,如同气温(在其它条件尽可能相近的情况下)的不同强度下的呼吸作用强度数值,就可作出呼吸对温度等的依賴关系曲綫(Polster, 1950; Tranquillini, 1955)。在这种工作情况下測定呼吸作用所采用的方法应能将研究对象在試驗时保持在与自然接近的条件下。同时,仔細記录呼吸作用动态或甚至它的連續进程是很重要的。

研究呼吸作用对外界因素的依賴关系的第二条途径是測定在不同的人为溫度、湿度等的条件下的呼吸强度。当这样安排試驗时,各个因素的作用是比較孤立的;此外,还可追溯各因素的較大幅度(与植物自然生活条件比較)变化的影响。这使我們有可能揭露植物的潜在可能性,后者不但从实践观点来就是有意义的,而且对解决該植物种的历史、它的新陈代謝保守性等問題来說也很重要。在人为条件下进行工作也同样可以得到野外測定所能提供的关于外界因素綜合作用的資料,这样,就給呼吸作用的研究提供了广泛的可能性。实际上,如果在整个生长期每天的不同时間內选择試样,并在恒定的接近于最适条件下进行呼吸作用的測定,那么可以观察到呼吸作用在自然条件(試驗前存在的)的后效影响下所发生的变化。根据这些变化,可以找出主导因素和探索整个条件綜合体的影响,因为作用和后效是十分相似的,这已为实驗(如溫度实驗)所証明(Kuijper, 1910)。

因此,为了弄清植物对条件变化的反应,研究最好不是在植物 生活地,而是在实驗室进行,測定呼吸作用宜于采用实驗室方法。 再其次,談一下这个問題:如果必須比較不同的种或不同的 植物器官或者研究植物呼吸作用的季节变化,那么,应該用哪些方 法来測呼吸作用和如何进行研究工作。

为了进行这样的对比,需要計算每一被研究对象的平均呼吸强度、呼吸强度对平均值的偏差和呼吸作用的动态。这些測定可以在自然条件(野外)下进行,也可在人为条件(实驗室)下进行。不过,在实驗室完成必要数量的平行測定和分析呼吸作用动态要比在野外簡单,因为野外自然条件的經常变化决定了同时測定所有被比較对象的呼吸作用的必要性。如果考虑到,为了評定每种植物要求有一系列的平行試样,那么就将会了解:在存在好几个或即使是两个对象的条件下,同时进行这样的測定实际上是不可能的。因此,为了比較被研究对象在測定呼吸作用时将它們放在人为的、相同的和不变的条件下。

因为呼吸在人为的条件下是要变化的,所以可以反对这样的 試驗設計。然而应該了解,在这个方向的研究中,是把呼吸当作新 陈代謝强度的一定积分指标来看待的,它是定量地比較研究植物 特性的工具。如果考虑到:不同植物的对比通常是根据叶片呼吸 作用的强度,而試驗照例是在白天进行的,那么就很显然,所进行 的反对是毫无根据的。但是,在自然条件下,植物叶片在白天进行 光合作用的气体交换,而不是呼吸作用的气体交换,为了測呼吸作 用,就得把它們放入暗箱內。可見,就是直接在植物生活地測呼吸 作用,条件的自然性还是要受到破坏。在实驗室的試驗中,除遮蔭 外,只要保持其它因素不变就行了。

当然,在人为条件下測呼吸作用往往要把植物切断或摘下个别叶片。因此,必須分析切割植物或叶片对呼吸强度的影响这个問題。

这个問題早就使研究者感到兴趣了。由于已进行了一系列的 实驗工作和特別是在牛津所进行的研究(Джеймс, 1956),現在已 經可以有信心地說,用植物个別部分来測呼吸作用的可能性是完 全有根据的。停止生长的甚至是未摘下的叶片或整株植物的呼吸 强度是不断地下降的。摘下的叶片或切割植物也发生呼吸作用的下降,不过速度快得多。可見,切割并不影响呼吸变化过程的性质,而只是增大变化的速度而已。不同植物这种增大的程度不同,它决定于叶片的特点,显然,首先是决定于其中所含呼吸材料的数量,用切割叶片进行短时(1—2小时)測定所得到的蒸騰强度值与未切割前的叶片相同。在測定呼吸作用动态时,根据动态性质很容易确定把在其中能够进行切割叶片呼吸作用所測量时間(可以有条件地呼吸强度的降低不超过植物切割后最初数值的30%的期間作为这个时間)。

这样,就不能把切割植物的必要性看作是在人为条件下測定 呼吸作用和采用純实驗室方法的障碍。至于根据这一过程个别因 素依賴关系来較深入地分析呼吸作用,那么在实驗室条件下进行 研究也是比較方便的。

結 論

測定呼吸作用就可以說明植物对外界条件的反应的特点,根据新陈代謝强度来对比不同的植物以及判断植物有机物质的生产率和平衡状况。可見,对呼吸作用的測定感兴趣的不仅是研究这一过程的机制的生理学家,而且还有生态学家。

目前,已經制訂了許多不同的測定呼吸作用的方法,然而,其中沒有一个是万能的。当选择測定呼吸作用的方法时应以研究任务为出发点,这种研究任务决定着: 試驗时被研究 对象 应該处于什么样的条件和应該获得哪些說明呼吸作用的特征的指标。

如果研究植物生产率是研究的目的,就必須直接在植物生境 地測定呼吸作用,并尽可能在試驗时保持溫度、湿度、光照、二氧化 碳浓度等的自然条件。

当研究任务是了解植物对外界条件变化的反应或者是对比不同的植物(或者不同时間的和不同生境条件下的同样植物)时,那么,可以在自然条件下,也可在实驗室的人工条件下来測定呼吸作

用。然而,由于在試驗时建立了人工条件,研究者可以得到較广泛 和較精确的植物評定。在实驗室測定必須切割植物(或叶片),但 这并不歪曲呼吸作用的数值。因此,在所有情况下,除了研究植物 的生产率,生态学家都应在人工条件下来測定呼吸作用。

确定了必須在什么样的条件下来測呼吸作用,从而就可解决,哪些方法是适于研究該問題的方法。进一步的选择則决定于:这一或那一方法对于获得必要的呼吸指标能提供多大的可能性。

在生态研究中通常要求說明在該生活条件下的植物种或品种的特征。因此要利用根据大量測定而算出的平均蒸騰强度、对平均值的偏差和呼吸的动态性质以及呼吸与外界因素的关系曲綫。

用任何方法都可这样或那样地得到这些指标。但是,值得推荐的最方便和最简单的方法是: 野外——电导測定法,室內——检压法。目前有一些这样的检压仪器构造,它們不要求設备很好的实驗室,而且在定位和半定位研究中用起来也比較方便。

在一般綜合的生态学研究中比較广泛地采用的植物呼吸作用 的測定,无疑将提供許多有意义的資料,它們不但有益于被研究种 的評定,而且有益于进一步认識新陈代謝这一过程的生理学。

(李 恒譯, 周佩珍、陈昌篤校)

参考文献

- Агейкин Д. И., Э. Л. Ицкович и И. Н. Воробьев. 1957. Новая конструкция термомагнитного газоанализатора на кислород. Приборы и техника лабораторных работ, № 7.
- Бородин И. П. 1876. Физиологические исследования над дыханием листоносных побегов. Тр. С.-Петербургск. общ. естествоиспыт., т. 7.
- Бриллиант В. А. 1950. Методы учета фотосинтеза. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер IV, Экспериментальная ботаника, вып. 7.
- Вальтер О. А., Л. М. Пиневич, Н. Н. Варасова. 1957. Практикум по физиологии растений с основами биохимии, Сельхозгиз, М.—Л.
- Вартапетян В. В. и А. Л. Курсанов. 1955. Участие кислорода воды и кислорода атмосферы в дыхании растений. Докл. Акад. наук СССР, т. 104, № 2.
- Вознесенский В. Л. 1958. Измерение интенсивности фотосинтеза по изменению электропроводности поглощающего раствора щелочи. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. IV, Экспериментальная ботаника,

- вып. 14. (в печати).
- Джеймс В. 1956. Дыхание растений. Изд. иностр. лит., М.
- Есилова И. В. 1956. Последействие высоких и низких температур на газообмен хлопчатника. Автореферат дисс. Л.
- Журавский О. О. 1936. Метод количественного определения О₂ при дыхании растений. Ботан. журн. СССР, т. 21, № 1.
- Заленский О. В. 1956. Об эколого-физиологическом изучении факторов продуктивности дикорастущих многолетних растений. Сб. «Академику Сукачеву к 75-летию со дня рождения», Изд. АН СССР, М.—Л.
- Заленский О. В., О. А. Семихатова и В. Л. Вознесенский. 1955. Методы применения радиоактивного углерода C^{14} для изучения фотосинтеза. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Иванов Л. А. 1940. Фотосинтез и урожай. Сб. работ по физиол. раст., посвящ. памяти К. А. Тимирязева, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Иванов Л. А. и Н. Л. Коссович. 1946. Полевой метод определения фотосинтеза в ассимиляционной колбе. Ботан. журн., СССР, т. 31, № 5.
- Иванов Н. Н. 1946. Методы физиологии и биохимии растений. 4-е изд. Сельхозгиз, М.—Л.
- Извощиков В. П. и С. Ф. Неговелов. 1954. Прибор для определения фотосинтеза в естественных условиях. Изд. «Советская Кубань», Краснодар.
- Костычев С. П. 1937. Физиология растений, ч. 1. Ред. С. Д. Львов. ОГИЗ—Сельхозгиз, Л.
- Мусаева Л Д. 1957. Влияние недостатка воды в различные периоды развития ячменя на процесс дыхания. Физиология растений, т. 4, вып. 3.
- Насыров Ю. С. 1956. Фотосинтез и урожай хлопчатника. Изд. АН ТаджССР, Сталинабад,
- Ничипорович А. А. 1940. Методы учета фотосинтеза в полевых условиях. Сов. ботаника, № 5—6.
- Ничипорович А. А. 1955. О методах учета и изучения фотосинтеза как фактора урожайности. Тр. Инст. физиол. растений АН СССР, т. 10.
- Ничипорович А. А. и Н. И. Бакулина. 1930. Упрощенный метод относительного учета ассимиляции СО² растениями в полевых условиях. Изв. по опытн. делу Сев. Кавказа, № 5.
- Рубин Б. А. 1956. Дыхание растений как приспособительная функция. Вестн. Моск. унив., сер. биол., почвовед., геол. и геогр., № 1.
- Семененко В. Е. 1958. Прибор для изучения кинетики индукционного периода фотосинтеза с газоанализатором углекислоты на термисторах. Физиология растений, т. 5, вып. 6.

- Семихатова О. А. 1956. Об изменениях дыхания растений Памира от резкой смены температуры. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. IV, Экспериментальная ботаника, вып. 11.
- Семихатова О. А. и Г. В. Аркадьев. 1957. О новой конструкции манометрического прибора. Ботан. журн. СССР, т. 42, № 4.
- Семихатова О. А. и Е. И. Денько. 1958. О воздействии температуры на дыхание листьев растений. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. IV, Экспериментальная ботаника, вып. 14. (в печати).
- Толмачем И. М. 1950. Новый респирометрический аппарат. Тр. Инст. физиол. растений АН СССР, т. 7, вып. 1.
- Умбрайт В. В., Р. Х. Буррис и Дж. Штауффер. 1951. Манометрические методы изучения тканевого обмена. Изд. иностр. лит., М.
- Blackman F. F. 1954. Analytic studies in plant respiration. Cambr. Univ. Press., Cambridge.
- Bolas B. D. 1926. Methods for the study of assimilation and respiration in closed systems. New Phytol., vol. 25. № 2.
- Bolaz O. 1957. Untersuchungen über die Atmung der Pflanzen, I. Elektrometrisches Verfahren zur kontinuierlichen Messung des während der Atmung verbrauchten Sauerstoffs. Acta biol. Acad. sci. Hungaricae, t. VII, fasc. 2—3.
- Boysen-Jensen F. 1928. Über neue Apparate zur Messung der Kohlensäureas similation, der Respiration, der Offnungsweite der Spaltöffnungen und der Beleuchtungsstärke. Planta, Bd. VI, H. 1.
- Brown A. H. 1953. The effect of light on respiration using isotopically enriched oxygen. Amer. Journ. Bot., vol. 40, № 7.
- Čatský J., B. Slavík. 1958. Modifikace Ålvikovy metody stanoveni intensity fotosyntesy v polnich podminkách Sborník Československé Acad. zemedelskych věd, Rostlinná výroba, Rocnik 4 (XXXI), cislo 1.
- Denny F. E. 1947. Semi-micro method for measuring the amount of oxygen consumed and carbon dioxid produced in plant respiration. Contr. Boyce Thompson Inst., vol. 15, № 1.
- Egle K. und A. Ernst. 1949. Die Verwendung des Ultrarotabsorbtionsschreibers für die vollautomatische und fortlaufende CO₂-Analyse bei Assimilations- und Atmungsmessungen an Pflanzen. Ztschr. Naturforsch., Bd., 46, H. 6.
- Frenyó V. 1954. Zur Untersuchung der Atmung der Pflanzen. Acta bot. Acad. sci. Hungarica, t. 1, fasc. 1—2.
- Frenzel B. 1955. Einige Bemerkungen zu der CO₂-Bestimmungsmethode nach Ålvik, Planta, Bd. 46, H. 4.
- Haas A. R. 1916. A simple and rapid method of studying respiration by the detection of exceedingly minute quantities of carbon dioxide. Science, vol. 44, № 1125.

- Huber B. und H. Polster. 1955. Zur Frage der phisiologischen Ursachen der unterschiedlichen Stofferzeugung von Pappelklonen. Biol. Zbl., Bd. 74, H. 7—8.
- Imandar R. S. and B. N. Singh. 1936. Studies on the respiration of tropical plants. I. Seasonal variations in aerobic and anaerobic respiration in the leaves of Artocarpus Integrifolia. Journ. Indian Bot. Soc., vol. 6, № 3—4.
- Kleinzeller A., J. Málek, R. Vrba. 1954. Manometrické metody a jejich použiti v biologii a biochemii. Praha.
- Kuijper J. 1910. Über den Einfluss der Temperatur auf die Atmung der höheren Pflanzen. Rec. Trav. Bot. Neerl., vol. 7.
- Kuijper J. 1911. Einige weitere Versuche über den Einfluss der Temperatur auf die Atmung der höheren Pflanzen. Ann. Jard. bot. Buitenzorg, 2 série, vol. 9.
- Lange O. L. 1956. Zur Methodik der Kolorimetrischen CO₂-Bestimmung nach Ålvik. Ber. Dtsch. bot. Gas., Bd. 69, H. 1.
- Leblond M. C. 1958. Un laboratoire mobile pour l'étude de la respiration des organes aériens des végétaux en place. Rev. gén. bot., t. 65. № 774—775.
- Lieth H. 1958. Grenzen und Anwendungsmöglichkeit der kolorimetrichen CO₂-Bestimmung. Planta, Bd. 51, H. 6.
- Mc Alister E. D. 1937. Spectrographic method for determining the carbon dioxide exchange between an organism and its surroundings. Plant physiol., vol. 12, № 1.
- Müller J. 1958. Über die Verwendung von Magnos-Sauerstoffschreibern für Gaswechselregistrierungen in der Biologie. Ber. Dtsch. bot. Ges., Bd. 71, H. 5.
- Polster H. 1950. Die physiologischen Grundlagen der Stofferzeugung im Walde, München.
- Polster H. und S. Fuchs. 1956. Verwendunsmöglichkeiten des Ultrarotabsorbtionsschreibers für Assimilations- und Atmungsmessungen im Freiland, Biol. Zbl., Bd. 75, H. 5/6.
- Scarth G. W., A. Loewy and M. Shaw. 1948. Use of the infrared total absorption method for estimating the time course of photosynthesis and transpiration. Canad. Journ. Res., vol. 26, № 1.
- Schultz G. 1958. Assimilation und Atmung bei Zuckerrüben nach Infektion mit Gelbsucht-Virus (Beet Virus Jellows). Ztschr. Naturforsch., Bd., 7.
- Stiles W. and W. Leach. 1931. On the use of the katharometer for the measurement of respiration. Ann. Bot., vol. 45.
- Tranquillini W. Ch. 1955. Die Bedeutung des Lichtes und der Temperatur für die Kohlensäureassimilation von Pinus cembra-

- Jungwuchs an einem hochalpinen Standort. Planta, Bd. 46, H. 2. Tietz N. 1954. Zur Methodik einer kontinuierlichen Sauerstoffregistrierung. Ber. Dtsch. bot. Ges., Bd. 67, H. 8.
- Vejlby K. 1958. Induction phenomena in photosynthesis. Experiments with Polytrichum attenuatum. Physiol. plantarum, vol. 11, fasc. 1.
- Wager H. I. 1941. On the respiration and carbon assimilation rates of some arctic plants as related to temperature. New Phytol., vol. 40, № 1.
- Young R. E. and J. B. Biale. 1950. The recording Beckman oxygen analyzer for respiration studies. Amer. Journ. Bot., vol. 37, № 8.

自然生长条件下植物蒸騰的研究

В. М. 斯維什尼柯娃 (Свешникова)

(苏联科学院植物研究所地植物学組)

蒸騰研究的任务

研究自然条件下植物水分状况的任务可能极为多种多样。这些任务与新地域的开垦,荒漠的灌溉和开发,各地带飼料基地的建立、改良和改变,沙地的固定,森林水文状况的改善,防护林带的营造,干旱气候条件下植物的栽培等許多重要問題的解决都有密切的关系。

作为植物水分状况的最重要指标之一的蒸騰,首先吸引了研究者們的注意,这是因为这一过程十分清楚地反映了植物的特性和一系列外界因素对植被水分損失的影响。

植物蒸騰的研究能够揭示植物生命活动的許多有趣的方面。 常常有必要从与这种或那种湿潤条件相适应的水分平衡观点来估价各种植物的水分平衡,这在荒漠和半荒漠地区极端干旱的土壤和空气条件下特别重要。研究主要植物生态类型的水分状况,即水分的收入和支出过程,可以发现对于一定外界因素綜合体的适应途径的相似性和差异性(Купревич, Григорьев 和 Низковская, 1949)。在某些情况下,通过象对蒸騰这种生理指标的变异性的比較分析,可以发现各个植物类群对长期作用于植被的主导外界因素的机能适应途径(Walter, 1951; Свешникова 和 Заленский, 1956)。

在地植物学研究中,利用植物蒸騰資料的可能性和主要方向 是多种多样的。最重要的任务之一是研究植被对水分的需要。为 此,必須估算自然条件下整个生长期的植物蒸騰所支出的水分。 通过这种估計,可以粗略地計算出整个植被或各优势种——建群 种的水分消耗量。为了划分生态类群,常常有必要比較各植物种 的蒸騰量。在这种情况下,蒸騰动态的研究(目的在于分析蒸騰过 程与外界环境因素的相互关系)有助于闡明各不同植物生态类型 之間的差异。植物在生长期間蒸騰的日变化特征,使我們有可能了 解植物对于忍耐不利环境和利用有利条件的結合的适应途径。因 此,闡明联系环境因素和植被季节发育的节律的蒸騰变化节律是 可能的。

闡明不同地理景观的特征的大的植被类型中各个 建 群 植 物 在蒸騰强度变化范围上的区别是很有意 义 的 (Свешникова 和 Заленский, 1956)。

最后,由于植物适应型式的多样性与水分状况相联系,所以这些形态的闡明可以通过一系列系統发育上相近的、但旱生形态性或中生形态性程度不同的种的比較生理研究(例如蒸騰)来进行(Купревич, Гриторьев 和 Низковская, 1949)。

因此,很清楚,可以根据植物水分状况来解决的問題是很多的。所以这些研究工作的方法的选择也可能各有不同,但这种选择首先应取决于提出的目的。为了闡明代表这一或那一植被类型和居于这一或那一地理地区的植物的水分状况,主要对象首先应該是建群种。

决定蒸騰变化的因素

到現在为止,各不同地理区域植物水分状况的研究所涉及的主要是蒸騰和渗透压强度的鑑定。对解决一系列的生态問題和地植物学問題来說,这两个指标中有最大意义的是蒸騰的研究。

根据已經发表的大量著作可以判断,蒸騰的真实速度取决于 三个基本条件:小气候因素,植物的形态結构(叶片和輸水系統的 解剖学类型、根系的性质和大小、植物叶面的大小和变异性)和植 物的生理类型。研究蒸騰的最終目的是确定蒸騰速度与这些条件之間的依賴性。

已掌握的事实大部分都証明了蒸騰和环境因素之間的密切联系。这一情况使我們有可能在比較各种生境时,在闡明主导环境因素对植物的作用时,把蒸騰作为一个重要指标来研究。

現有的文献表明,蒸騰与溫度之間存在着一定的关系,植物調 节蒸騰的能力制約于溫度的变化 (Burgerstein, 1920; Rouschal, 1938; Иванов, 1946; Рааиw, 1949; Иванов, Силина 和 Цельникер, 1952; Свешникова, 1957)。已經确定: 在一定限度內蒸騰速度随着溫度的升高而增加,在低溫的影响下,蒸騰速度急剧下降; 已經为每一个曾經研究过的植物种确定了蒸騰强度发生变化的溫度界限。

在主要环境因素中,最特殊的是强烈影响植物水分輸出的太阳輻射(Тольский,1910; Briggs 和 Schantz,1916; Максимов,1931; Иванов, Силина 和 Цельникер, 1952); 可以大致认为: 蒸騰速度是太阳輻射强度和空气飽和差的綫性函数(Сабинин, 1955)。

土壤湿潤程度对不同地理地区內植被的水分損失有頗大意义 (Тольский, 1910; Shreve, 1914; Ильин, 1915; Максимов, 1917, Александров, 1924; Stocker, 1928; Кокина, 1929, 1935; Schratz, 1931; Shapiro 和 Forest, 1932; Васильев, 1931; Pisek 和 Gartellieri, 1939; Henrici, 1943; Бейдеман, 1947; Иванов, Силина 和 Цельникер, 1952; Walter, 1951, 等等)。已經闡明,土壤中水分的有效性是对蒸騰水分損耗的速度和大小影响最大的因素之一。比較几种不同湿度的土壤样品的結果 (Paauw, 1949)表明:一般說來,随着土壤湿度減少,蒸騰显著下降,而且,很湿潤的土壤和湿潤土壤上的蒸騰强度的差別不大,但在干燥和很干燥的土壤上,差別很大。

在决定蒸騰速度的各种条件中,占有头等地位之一的应該是周围大气的水汽飽和差。可以认为已經証实,蒸騰速度对飽和差值大致存在着綫性的依賴关系(Рааиw,1949; Сабинин, 1955,等等)。Л. А. 依万諾夫、А. А. 西里娜和 Ю. А. 采尔尼克尔(1952)

曾經发現,在草原地带(捷尔庫里)和森林地带(莫斯科附近)条件下,空气湿度对乔木蒸騰的影响有很大差别。例如,在森林地带,当空气湿度下降时,蒸騰显著地增加;但在草原地带,它的变化很小。

除了决定植物水分損耗过程的自然条件外,在蒸騰的調节过程中起重要作用的还有植物本身。存在着这样一个共同观点,即植物的蒸騰能力取决于植物的生物学特性、結构差异、发育情况和生理状态。以一定的形态学和解剖学結构(其中特別有意义的是叶片的結构和根系結构、叶面、角质层厚度、气孔的数量和大小等等)表現出来的植物的多种多样的适应性可促使蒸騰的减小。

按照現代的概念,調节蒸騰的因素可能有气孔因素,也有气孔以外的因素(Livingston 和 Brown, 1912; Briggs 和 Schantz, 1916; Максимов, 1917, 1926, 1931, Васильев, 1931; Нудеп, 1951; Наlevy, 1956,等)。例如,卡拉庫姆沙漠植物主要是在气孔关閉的情况下調节蒸騰(Васильев, 1931)。根据 Л. А. 依万諾夫、А. А. 西里娜和Ю.А. 采尔尼克尔(1952)的資料,有一些森林树种的气孔运动起着很大的作用,而另一些树种的气孔运动所起的作用很小。同时,在足够湿潤的条件下,气孔的作用比在水分不足的情况下表現得比較明显。已經闡明(Rawitscher, 1955),生长在热带稀树草原的許多常綠灌木,在干旱时期蒸騰强烈时,气孔的調节作用是很小的。蒸騰水分支出取决于极深根系的供水作用。

H. А. 馬克西莫夫 (Максимов) 的許多試驗 (1917,1931)表明,气孔在植物輸出水分中的調节作用不大。H. А. 馬克西莫夫的資料令人信服地說明,在蒸騰过程中,根的水分收入是最强烈的調节因素。例如,由于根系分布在具有不同水分儲量的土壤不同层次中,植物的水分供应也就不一样,这一点决定了蒸騰的这种或那种强度(Киселев 和 Осипов, 1934; Кокина, 1935; Генкель, 1946; Бейдеиан, 1947; 等等),从而决定了植物在整个生长期的水分消耗总量。因此,在調节植物水分損耗方面,根系起着很大的作用。

蒸騰指标

研究蒸騰通常利用的指标是蒸騰强度,即植物消耗水分的速度,以单位时間內单位面积上,单位鮮重或干重物质的水分重量或体积单位表示,或以占植物总含水量的百分数表示。也有其他的,但不很常用的蒸騰指标,即相对蒸騰(Livingston,1906)和蒸騰阻力(Seybold,1929)。蒸騰强度(以单位叶面1小时所蒸騰的克数計算)与单位自由水面的蒸发强度之比称为相对蒸騰。

植物輸出汽态水要遇到一系列的阻力,这些阻力决定于植物的活体特性,特別是形态-解剖特征,当时的胶体数量和生理状况(例如,从土壤中輸导和吸收水分的速度的变化等)。"蒸騰阻力"的概念是重要的,因为它反映了作为生理过程的蒸騰与物理蒸发的基本差别。不同植物的和不同条件下的蒸腾阻力可能极不相同。

有些科学家(如 Seybold, 1929)研究了植物所发展的、可能的阻力綜合。由于一系列形态、解剖和物理—化学性质的特点,使植物的水分蒸发复杂化了,所以单位叶面上的蒸騰通常沒有达到自由水面蒸发的数值。这一差别被看作为蒸发阻力的相对尺度,被看作蒸騰的延緩。为了計算以百分数表示的蒸騰阻力,需要注意的是:1 平方厘米自由水面 1 小时內的蒸发量毫克(E),植物蒸騰量毫克(T),风速增大、溫度升高或其他原因所引起的E和T的增量。蒸騰阻力等于E × 100 (Π . A. HBahob, 1957)。

已經确定 (Seybold), 高溫对植物蒸騰的抑制有强烈的影响; 叶片的溫度愈高,蒸发受到的阻力愈大。估算蒸騰阻力要求精确 地覌測叶子的溫度,在野外条件下,这是一項非常复杂的工作。

因此,"蒸騰阻力"的概念在科学中还沒有被通用起来(Ма-ксимов, 1944)。后来,Л. А. 依万諾夫(1957)的实驗証明,測定阻力幷无特殊困难,并且阻力的原因可能是各不相同的(在有风、高溫等情况下研究蒸騰阻力)。

测定蒸騰强度的方法

在文献中广泛地討論了測定蒸騰損耗的 方法 (Burgerstein, 1920; Максимов, 1926; Stocker, 1928; Arland, 1929; Иванов, 1946; Hygen, 1951,等等)。蒸騰測量可以根据被蒸发水量的直接計算,根据重量損失的資料或根据定性的比較估算。現有的測定植物蒸騰的方法主要有两大类:定性的和定量的。为了較准确地說明每一类的特点,下面将分別詳細討論。

測定植物蒸騰的定量方法

定量方法种类很多,可以作下列的分类:

- 1) 蒸騰計方法,其基础是按照植物吸收的水分数量来測定蒸騰;
- 2) 以重量損耗測量蒸发为基础的方法: (1)生长在培养器中的植物的水分損耗,(2)剪下的植物部分的水分損耗,(3)整株植物的水分損耗,(4)植被的水分支出;
- 3) 气量計方法,其基础是測定植物在蒸騰过程中析出的水汽数量;
 - 4) 日射观測法,其基础是測定投射到植物上的太阳能量。

上述定量方法大多数都可用于剪下的植物部分或整株植物蒸騰的研究;这些方法应用于研究整个植被水分損耗的可能性較少。 因此,下面討論一下各种研究蒸騰的方法分别应用于剪下的植物部分、整株生根植物和植被的可能性。

植物剪下部分蒸騰的測定方法

蒸騰計方法是測定植物蒸騰最早采用的計重法之一。在采用 此方法时,是根据置于蒸騰計上的剪下的植物或用溶液培养的植 物在一定时間間隔內所吸收的水分数量来研究蒸騰。显然,这种方 式只能对水分的实际損耗 (Максимов, 1944) 及对自然条件下植 物耗水过程的强度得出一个非常粗略的概念。但是, В. С. 伊里因 (Ильин, 1915) 曾經采用蒸騰計方法以研究草原植物的蒸騰, 而 А. В. 布拉戈維先斯基 (Благовещенский) 和 В. Г. 托謝維科娃 (Тощевикова, 1923—1924) 用以研究山地植物。

流行頗广的和最适于野外生态研究的現代蒸騰測定法是快速 称重法 (Иванов, 1918; Huber, 1927),这一方法反映了刚刚剪下 的整株植物或植物的一部分的真实失水过程。快速称重法是基于 这样一个假設:剪下的植物茎的蒸騰不是馬上就发生变化,而是在 过了若干时間之后。 H. A. 馬克西莫夫 (1944) 认为这个方法是 极为准确和灵敏的。

許多研究者在采用快速称重法时曾經注意到,在开始时,即刚剪下之后,发現蒸騰强度很高,然后又以这种或那种速度下降下来。这种現象是由于,当剪茎时,为叶子吸收作用所拉紧的水絲断裂了,于是,叶子中水分运动的阻力减弱,因而,蒸騰加速。在剪下后的第一分钟內,蒸騰强度的这种急剧上升导致了"突变"的形成。然后,当导管中消耗于蒸騰的水分得不到新輸送来的水分的弥补时,在一定时間內剪下的枝就均匀地消耗水分,因为蒸騰与每一种生理过程一样,具有一定的慣性。

. 应該指出,許多其他的研究者幷沒有发現蒸騰的突变。如阿尔 兰德(Arland, 1929) 在具有恒溫和人工光照的房間里工作时,沒 有发現在剪枝之后有任何蒸騰增高的現象。

在以色列进行的某些实驗工作(Elazary-Volcani, 1938,根据 Halevy, 1956的引文)确定,未受損坏的植物和剪下的植物的蒸騰 白天变化过程的一致性程度很高。在两种情况下,耗水量相同。

要格尔(Eger, 1958)最近的一篇文章討論了快速称重法对研究草甸植物蒸騰的适用性。由于試驗前的条件不同,主要是初始蒸騰强度不同,不同植物种在剪枝后蒸騰的变化也极不一致。作者认为:对剪枝的反应不同(同一种植物在剪枝之后或者保持原来的蒸騰值,或者升高或者降低),显然是由于不同的植物水分状况的結果而产生(Wasserzustände)。水分状况与气孔的运动、原生质的

粘滯性、吸收力、水分亏缺有关,也与許多其他决定蒸騰阻力的原因有关。由于所研究的草甸禾本科植物 (Poa pratensis, Holcus lanatus, Arrhenatherum elatius) 的蒸騰白昼曲綫进程上所出現的偏差,最低限度有一部分是基于方法上的錯誤,所以爱格尔认为快速称重法对这些植物是不适用的。

賦予突变作用以很大意义的学者們 (Л. А. Иванов, 1918; Рихтев和Страхов, 1929; Иванов, Силина和 Цельникер, 1950)认为,剪枝后所发生的突变可以避免。为此,在植物剪枝时必須上蜡。

在一篇著作 (Родионов, 1955) 中証明,在采用快速称重法时上蜡不是必要的。Л. А. 依万諾夫反对 М. С. 罗吉奥諾夫(Родионов)的意見,他认为(1956):只有在个別情况下,即当从土壤中吸收水分沒有遇到阻力时,罗吉奥諾夫的意見才是正确的。但当土壤水分不足,导管中耗于蒸騰的水分的亏損不能得到輸送来的水分弥补时,就引起蒸騰强度的急剧上升。

由于这个原因, J. A. 依万諾夫(1956)写道:"……应該承认, 暫时我們还沒有一个完整的'突变'理論,也不能有把握地預卜突 变,为了要有保証地获得可靠的蒸騰数值,不得不采用上蜡剪枝"。

因此,在現有的关于方法論的文献中,測定蒸騰强度时应否考虑突变的問題,暫时还沒有一致的意見,因而,关于如何进行剪枝——上蜡或不上蜡——的問題,也沒有共同的意見。虽然意見分歧,但在选择曝露时間时,仍然必須仅可能考虑突变的影响。

采用快速称重法时,应該研究每一个选定对象的合适的曝露时間。决定容許的曝露时間的任务在于,确定叶片在剪下后多久不会发生生理上的变化,在多长时間內水分輸送量不会有明显的变化。

为了正确地选择曝露时間和肯定它的客观意义,必須在不同 曝露时間(1—10分钟)內对同一个被研究的种的蒸騰强度作一系 列的观測。根据获得的資料可以作出不同曝露时間下的蒸騰强度 曲綫。

根据曲綫上不表現蒸騰过程对曝露时間的依賴关系的部分,

可以比較不同植物种的蒸騰强度。

对不同植物所采用的曝露时間不同,这一点可以根据許多作者的文章看出。И. М. 华西里也夫(Васильев, 1931)确定,生长在卡拉-庫姆沙漠中的植物在剪下經过 2—3 分钟后蒸騰强度很长时間几乎保持一样。因此,为了計算植物蒸騰,曝露 2—3 分钟就完全可以允許了,因为作者沒有在它們之中任何一个,在第二次称重結束时,观察到失去膨压的現象。В.Ф. 庫普列維奇(Купревич)、Ю. С. 格里哥利耶夫(Григорьев)和 Е. К. 尼茲科夫斯卡婭(Ни-зковская) 在研究帕米尔-阿賴山若干种植物剪下的叶子曝露所必需的时間(1949)时,曾經指出在剪下后第一分钟內获得的蒸騰資料就有足够的准确性。

哈列維(Halevy, 1956) 对以色列許多旱生树种所作的試驗表明,在剪枝后 4 分钟內,蒸騰强度仍然保持不变,但再过一定时候,就开始下降了。

測定整株植物水分支出的方法

測定連根的整株植物蒸騰的方法或营养培植法,使我們有可能,借助于經过一定时間間隔的称重来判断重量的損失。平行地登記外界环境的这些或那些因素,有助于确定植物水分損耗与外界因素之間的依賴性。布里格斯和香茨 (Briggs 和 Schantz, 1916)、B. Γ. 亚历山大罗夫(Александров, 1924)、帕島 (Paauw, 1949)等广泛地采用了这一方法。然而,用栽培在培养器中的植物所获得的結果不能搬到生长在野外的植物上去。

营养培植法有許多优越性,但非常复杂,而且在野外条件下很 难实現。由于它不能完全反映植物生长的自然情况,所以应用范 围非常有限。

Г. А.耶夫图生科(Евтушенко, 1947)的有趣試驗是不破坏植物与土壤和整个外界环境的联系,而在野外条件下对植物蒸騰的水分消耗作重量估算。这一試驗是用所謂野外蒸騰計来进行的。 野外蒸騰計是普通扭秤,經过了这样的改装:預先用30%—М(克 分子浓度)的氯化鈷溶液浸湿又晾干了的滤紙圈紧贴在植物的蒸騰叶上面,而叶片的空間位置沒有多大改变。滤紙在一定时間內吸收的水分重量的增加,提供了关于蒸騰的概念。用簡化的蒸騰計可以在自然条件下同时进行大量的測定,因此,作者认为这种方法有很大的优越性,在研究蒸騰的昼夜动态变化时特别重要。比較地評定用野外蒸騰計和普通的快速称重法所获得的蒸騰值表明,資料彼此很接近(Евтушенко, 1947)。

什托克尔 (Stocker, 1928) 在埃及荒漠工作的时候,他測定过 連根拔出的和在試驗开始前植物所在地的同一地点暴露一小时的 整株植物的水分消耗。該学者认为,他采用的曝露时間是可以允許 的,因为植物沒有出現明显的萎蔫現象就是植物蒸騰在这一时間 內沒有发生变化的标志。大多数其他研究者认为这不完全正确, 因为不同植物的萎蔫現象可能不是在相同的脫水程度下出現。

不久以前 Е. В.热姆丘希尼科夫 (Жемчужников)、А. В. 維列健尼科夫 (Веретенников) 和 А. А. 科切尔尼科娃 (Котельникова, 1955) 研究出測定整株树的水分消耗的方法很有意义。 这是用預先悬在支架上的特殊的秤称整个树冠的重量(树冠是在树木砍下后立即鋸下的),然后估計蒸騰水分消耗。

阿尔兰德(Arland, 1953) 所制定的萎蔫方法 (Anwelkmethode),使我們有可能以技术天秤在野外迅速地研究一系列植物的蒸騰。用这种方法时,整个植物連同上部根系被从土中拔出来,把根系浸入蜡中,以便防止水分損失。将带着上有蜡的根的植物称重,然后放置在它們生长的地方 30 分钟,因为在德国的条件下,在这个时間內开始出現萎蔫現象(該学者指出,曝露时間对于在另外的气候条件下的不同植物种可能极不一致)。根据 30 分钟內損失的重量,就可以計算出每 100 克綠色物质的絕对蒸騰。

最后,为了測定整株植物的水分消耗,可以利用气量計法,这种方法的基础在于直接測出蒸騰过程中叶片排出的水汽数量 (Arland, 1929,1953; Schratz, 1931; Арциховский, 1938)。把被研究的植物置于玻璃罩下或安装有充满吸水物质的管子的冷却室

中(Arland, 1953)。借助于适当的設备,空气以一定的速度被吸入室內。空气将植物排出的水汽带走,通过吸收器,水汽就在吸收器中降落。根据吸水物质重量的增加,計算植物排出的水分数量。

測定自然条件下植物蒸騰的气量計方法,在精度方面超过所 有其他方法,但是,由于玻璃室及室內一切必須的設备的装置很复 杂,这种方法流行还不广。

測定植被水分消耗的方法

至于直接測定整个植被所蒸发的水分数量,那么到目前为止还沒有直接的方法。因此,不同区域植被的水分消耗还是一个研究得不够的問題。在这方面值得特別注意的是根据土壤水分平衡測定蒸騰消耗的方法 (Высоцкий,1904; Попов,1933; Молчанов,1948; Рутковский,1949; Васильев,1949,1954)。拥有該植物群落生长期开始和結束时的土壤水儲量的資料,这一时期降水和蒸发以及土內径流的数值,就可以借助于消元法用相应的公式算出蒸騰水分損耗。这个方法提供很好的結果,但需要进行多年的研究,而且非常复杂費事。在潜水位接近地表的地方,应用这个方法还遇到困难。

Л. А.依万諾夫、А. А.西里娜、Д. Г.日穆尔和 Ю. Л.采里尼克尔(1951)提出的測定立木蒸騰的所謂溫度計重法(Термо-Весовой Метод) (是快速称重法的变种) 非常有意义,而且很重要。根据这个方法,可以确定一定时間內单位面积上森林的总水分消耗。作者們发現的足够湿潤条件下蒸騰和气溫之間的有規律的关系是这个方法的基础。这种关系表現为高度的相关系数。因此,知道了气温,就可以計算出不同树种的蒸騰强度。为了計算森林立木水分消耗的总量,必須利用尽量多的每小时观察到蒸騰变化的日数。蒸騰測定的所有資料,都应与在每次試驗时靠近取枝地方測得的气溫值联系起来。

由于蒸騰和气溫之間的相关程度很高,因此,知道了气溫,就可以計算出这个溫度条件下的蒸騰。借助于相应的方程式,可以

根据气温計算出不同树种的蒸騰强度。为了計算蒸騰的水分消耗,要利用气象观測站的月平均气温資料。根据平均蒸騰强度的值,和根据生长期內植物进行蒸騰的时間,就可以計算出蒸騰数(Иванов, Силина, Жмур 和 Цельникер, 1951)。整个林分在生长期間的蒸騰水分消耗,可以蒸騰数乘单位面积植物叶子物质量的数值求得。

計算森林水分消耗的日射測定法(Иванов и Силина, 1955) 有很大意义。大家都知道,林冠所吸收的全部太阳能量几乎全部 消耗于蒸騰过程。这个方法是基于树冠反射的和透过树冠的太阳 輻射能量的計算。知道了在生长期間投射到单位面积上的能量, 就可以計算树叶所截阻的,也就是消耗于蒸騰的那部分能量。这 个数值除以溫度 20°时 1 公斤水变为水汽所需的热量卡数,就得 出了 1 公頃森林所蒸騰的水分数量。得出的公斤数可以換算为水 深毫米/公頃。这样就便于与称重法或土壤水分平衡法所求出的 森林蒸騰值相比較。

学者們认为,为了得到最正确的和最客观的資料,在不同地理地带条件下采用日射測定法时,应該补充測定两个数值:树叶及其周围空气的温度,和树叶和空气之間的热量交換(用相应的公式計算)。根据这个方法,使我們有可能估算不同景观范围內光綫和溫度状况的特点。

为了确定植被的水分消耗,我們认为似乎可以利用 M. A. 雷卡切夫(Pыкачев, 1898)的整段标本法。根据这个方法,可以測量植被单位表面 (在 M. A. 雷卡切夫的著作中是确定草甸生草丛的蒸发)在长时間內(昼夜、生长期)所丧失的全部水分数量。如果常常更换整段标本(大約每隔 3 小时)和每隔一小段时間 (每隔 30 分钟)就进行称重,可以得出相当准确的关于这一或那一植物群落单位面积的蒸騰值的資料。此外,也可以知道,在研究时段內影响植物蒸发的所有因素綜合作用下,蒸騰数值的变动。

应用整段标本法只可以研究草本植被类型的总蒸騰,有时也 可研究半小灌木植被类型的总蒸騰。試驗样地应該仔細挑选,尽 可能具有代表該植物群落特征的一致結构。因此,在随后各次采取标本时,应保持它們在典型性意义上的一致性。

И. Н. 貝德曼 (Бейдеман, 1956)所建議的, 研究植物群落水分状况的布置是非常合理的, 也是現代化的。作者建議同时从事植物蒸騰、土壤水分状况、潜水和气象因素状况的研究。这些資料的总体使我們有可能建立关于联系土壤中的水分資源和气象条件的植被水分支出的完整概念。

确定未触动的植被的水分支出还有其他的可能性,例如我們在帕米尔条件下所用的方法(Свешникова, 1957)。我們同时对比了三种类型样地(样地面积 5 米², 重复 4 次)土壤剖面的水分損失, 这三块样地是;(1)植被原封未动的样地;(2)植物地上部分完全去除了的样地,土表完全敞露;(3)植物地上部分也同样去除了的样地,但由于借助于上面盖有一层厚 10—15 厘米的土的护板或油毡的隔离,沒有土壤表面的水分蒸发。

采用快速称重法計算整个植被所消耗的水分时,除了一天內和生长期間不同时段的蒸騰强度資料外,还需要其他一些資料 (Свешникова, 1957)。

为了計算单位面积上植被的水分支出,我們应拥有下列的資料: (1)整个植物1天內的水分損失; (2)大小中等的整株植物的全部蒸騰物质的重量; (3)单位面积上进入該植物群落的、每一个植物种的植株数量。下面較詳細地叙述一下每一个这些数值的測定方法。

例如,关于适合于东帕米尔荒漠植被条件的一棵中等植株的 綠色物质的平均重量的概念,是根据对蒿类-优岩藜荒漠群聚的各 个植物种同时进行 30 次重复的采样得出。在生长期間这种 測定 进行 7—9 次,以便反映植物蒸騰物质在各基本发育阶段的增长和 下降动态,并計算它在总的水分支出中的意义。

在确定生活在东帕米尔高山地域的每一个植物种的植株数量时,我們會經进行了10平方米样地的80次重复,并折算成每1公 頃的株数。最后,用一个植物的蒸騰物质的平均重量乘以1克鮮叶 的蒸騰水分損失数量,就算出这个植物的日蒸騰。叶片鮮重根据 蒸騰日曲綫面积計算,而后者是以曲綫連接从早晨7点到下午7 点的日进程各点而成¹⁾。

单位面积上植被的水分支出按下列方法計算:以1公頃面积上一个植物种的植株数,乘該种一个植物在一天內的蒸騰水分損失数量(在生长期的不同时間內)。得出的是在一定日期1公頃上該种植物全部植株的水分支出。这一数值乘以每一种随后的蒸騰日进程(在整个生长期中通过好几次)之間的晴天日数。将所获得的植物生长期各个时段的水分支出总量相加,就得出一个植物种在整个生长季的蒸騰水分总支出量。

对該样地上遇見的其他植物种也同样进行这种順序計算。然 后,計算組成这一或那一植物群系的全部植物种的蒸騰水分总消 耗。

測定植物蒸騰的定性方法

定性方法中最常用的是鈷測定法,这个方法非常簡易,可以測定留在未經損害的植物上的叶片輸水速度。例如,用这个方法很容易发現叶的上面和下面、阴叶和阳叶等等在水分輸送速度上的差別。鈷試驗法(Метод кобальтовой проба) (Stahl, 1894,引自 Костычев, 1933; Livingston 和 Brown, 1912; Максимов, 1926 等)是根据: 滤紙(用氯化鈷浸湿的)当其吸收叶面蒸发的水汽时,顏色改变。根据鈷紙(紧贴在叶面上)由浅蓝变为粉紅色 所需的时間,就可以判断植物的蒸騰强度。通常是蓝色消失和向粉紅色过渡时,就可知道反应結束了。反应的开始和結束用秒表計算。以在5秒內呈現粉紅色的速度作为最高速度——100%。

但是,按照 И. М.华西里也夫(Васильев, 1931)、Н. Н.基謝 列夫和 А. П.奧西波夫(Киселев 和 Осипов, 1934)、П. А.根克尔

¹⁾ 計算中等整株植物蒸騰质量的重量,以及計算其他植被类型如草甸、森林等单位 面积上每一植物种的株数的重复次数,我們认为在每种情况下应該借助于經驗 方法,根据这些数值允許的偏差(統計方面)范围来确定。

(Генкель, 1946)等人的意見,根据变色反应(什塔尔的鈷試驗法及其一切变种)的蒸騰測定法的用途不大,因为当叶片貼上試紙时,在叶面上形成与正常情况不同的条件,蒸騰会馬上发生变化。此外,借助于鈷測定法只能获得蒸騰的定性鑑定,根据它只能判断蒸騰的相对值。李文斯頓(Livingston, 1906)认为:采用鈷試驗法可以得出蒸騰强度的絕对值。这种可能性在于:将敏感的試紙貼在在单位面积上具有一定蒸发值的蒸发計表面,将它变紅的速度与貼在叶面上的試紙变紅过程相比較。这样得出的蒸騰指标,比用其它方法測出的指标低得多。

А. А. R. 市波罗維奇 (Ничипорович, 1926)和 В. М. 阿尔齐霍夫斯基 (Арциховский, 1938) 企图克服鈷試驗法的主要缺点——不能获得定量指标——但沒有得到預期的結果。

上面簡单地介紹了測定蒸騰的几种基本方法,在一些专門的指南(Burgerstein, 1920; Makcumob, 1926; Hygen, 1951等)中可以找到这些方法的詳細說明。应該指出,采用每一个这些方法的可能性取决于提出的任务。当必需求出蒸騰的相对定性鑑定时,可以采用鈷試驗法。用营养培植法使我們有可能分析任一因素对植物水分損失强度的作用。采用气量計方法測定蒸騰能达到最大的精度,但很遺憾,用这种方法組織研究工作在目前还很难实現。

实践中应用最广的是快速称重法。虽然这个方法也还存在缺点,但得出的結果接近于生长在自然条件下的植物所固有的蒸騰值,根据这些结果,可以对水分損耗进行比較評价。我們认为,为了进行野外工作采用阿尔兰德(Arland,1953)提出的萎蔫法有很大的意义。应該指出,尽管測定蒸騰的計重法流行很广,但在許多情况下,需要检驗它們对不同植物类型的适用性,并要求制造特殊結构的天秤。

关于蒸騰值的計算

为了对植物进行生理的和生态的鑑定极其重要的是測定植物

在蒸騰过程中所損失的水分数量。因此,当比較研究不同植物种的蒸騰时,总是产生一个問題,即蒸騰值应如何表示。在比較不同类型和不同生境的植物时,选择适当的計算方法极为重要(Γенкель,1946)。可以計算植物干重或鮮重的蒸騰水分損耗,也可以計算植物中总水分数量的蒸騰水分損失計算单位叶面的蒸騰水分損失。

最通行的方法是根据蒸发表面計算植物叶子的水分損耗。在这种情况下,根据 Н. А. 馬克西莫夫、Л. Г. 巴德里也娃和 В. А. 西莫諾娃 (Максимов, Бадриева 和 Симонова, 1917)的意見,对比处于同一外界条件下的一系列植物的蒸腾强度,就可以判断,这一植物种比另一植物种消耗水分的能力强多少。但应注意: 在比較阴生植物型和阳生植物型、比較具有退化叶的植物和发达叶片的植物等情况下,这种計算方法可能导至很大的誤差。

H. A. 馬克西莫夫(1926) 认为最适当的是計算蒸騰占叶片含水量的百分率,因为这样反映了植物消耗水分的速度。

瓦尔特(Walter, 1925) 认为計算蒸騰强度的最好方式是計算 蒸发器官单位鮮重所蒸騰的水分数量。这个方法最簡易,最适于 大量的計算,但在应用它时不能忘記,蒸騰强度一点也不能說明植 物消耗水分的速度 (Γенкель, 1946)。此外,大家知道,植物鮮重 不仅在生长期,而且在一昼夜內都是一个变化很大的数值。

根据常用的計算植物干重的蒸騰方法 (Ильин, 1915),不能 比較不同植物种的蒸騰值 (Максимов, Бадриева 和 Симонова, 1917),显然,这是由于植物叶子的干重并不是一个固定的指标。 当然,上述每种計算蒸騰的方法都各有缺点,因此,按照海肯 (Нуgen, 1951)的意見,在采用快速称重法时,对于被比較的具有共同 形态結构特征的植物来說,蒸騰可以換算为蒸騰面,蒸騰器官鮮重 的蒸騰,或者換算为植物总含水量的百分数。当比較結构特征和 生态特性很不相同的植物种时,应該同时采用不同的計算方法(如 对鮮重和叶表面等等)。

近年来,还出現了关于計算植物蒸騰水分損耗的另一些意見 (Oppenheimer, 1951)。例如,計算整个蒸发表面的鮮重蒸騰或植 物根系所占据的单位面积的蒸騰时,关于强烈蒸騰或微弱蒸騰的 植物的概念可能根本改变。事实上,如果(举例来說)以高的蒸騰 强度为特征的許多旱生植物在換算为干重、鮮重或叶表面时,是耗 水很多的植物的話,那么在按它們所占据的单位面积計算时,則由 于密度很稀和叶表面不发达,这些植物就成为消耗水較少的植物。

我們在帕米尔所作的研究也使我們深信,只有計算由每一个 植物种所形成的全部地上綠色质量的重量的和单位面积上的植被 水分消耗量时,才能获得关于植被所消耗的水分总数量的正确概 念。

在自然条件下研究植物蒸騰时进行試驗的順序

着手研究自然生长条件下这一或那一植物群落的植物所損耗的水分时,开始应选择固定的样地,样地上的植物数应能滿足研究者的兴趣,以便能充分进行全部預計的試驗循环。必須这样地挑选植物,使用作試驗的所有植株尽可能年龄相同,外貌和发育情况相似,并且对于該生境来說都是典型的植物。

供研究蒸騰用的对象的选择取决于提出的任务。然而,比較材料的挑选原則应該一致,即:第一,进行試驗的必須是生长在对于它們是典型的生境的植物,第二,試驗植物的年龄应該相同。为了求得蒸騰强度的平均值,必須研究大量的植物个体。在試驗的前一天选择好将要測定蒸騰的植物。对选择好的試驗对象依次从一定的层次¹⁾或从植物茎上取两根,最好是三根平行的枝条試样(每个枝条单独称重),或者取整株植物,如果植株不大的話(例如短生植物、一年生猪毛菜、多年生草甸或草原植物)。同时測定許多对象的蒸騰往往很困难。建議在1天內研究不超过3一4种植物(如果一个人工作的話)。不同植物种的蒸騰差別是如此之大,以致个

¹⁾ 将計重法应用于大株植物时,就产生了供試驗用的树枝的大小問題。文献中一再提到,剪枝愈小,它的蒸騰就愈高,萎蔫愈快 (Schratz, 1931, Кокина, 1935),因此,树枝应仅可能地大。

别日子的气象条件的不大差别很少影响获得的結果。

試驗开始前,应該确定为了測定被研究植物种的蒸騰强度所需的曝露时間。在討論快速称重法时,我們已經談过决定这个时間的方法。

确定了用什么曝露时間,就可以开始植物蒸騰的研究。开始时,在一昼夜內,应每隔 40—60 分钟进行一次测定,以便确定蒸騰强度昼夜变化的性质和被研究植物种的蒸騰日的持續时間。然后,测定被研究植被的主要代表植物 1 天內的蒸騰强度,从黎明开始到黄昏,观測时間間隔是 1—2 小时。 在整个生长期內,对每一組研究的植物种每月要进行不少于 3 次的这种日"进程"测定,如果可能的話,最好測 6—7 次。这样順次的測定給計算一昼夜水分总支出提供可能,也对計算整个生长期的水分总支出提供了可能。

在每一順序日測定 3—4 种被研究植物的蒸騰强度。在試驗結束时必須立即計算木质化部分的重量,以便在計算水分損失时仅 仅注意綠色的蒸騰部分。如果有必要收集有关叶表面的資料,則 应該把这些叶片貼在感光紙上,使留下印痕。

每次測定蒸騰的时候,必須指出气象要素——溫度、空气相对湿度、云量——的状况。由于影响蒸騰的主要外界因素是空气相对湿度和蒸騰器官与周围空气的温差,所以确定植物对生境湿度及其热状况的反应特別重要(Klika, Novák, Gregor, 1954)。由于这个原因,必須在試驗进行的同时观測植物蒸騰器官所在地方的空气湿度和气温。这样使我們有可能发現外界环境和蒸騰的这种或那种联系。

积累了有关蒸騰强度的直接測定的資料,还不能形成关于在不同植物种蒸騰过程中观察到的差异的原因的完整概念。正如已經指出过的,必須注意到,气孔¹⁾和根系的活动、水分亏缺的存在等等对蒸騰强度的日进程都有影响。

¹⁾ 在 Н. Н. 依万諾夫的指南(Иванов, 1946)中叙述了研究气孔运动的方法。

将蒸騰水分支出的研究与土壤水分以及甚至潜水(如果植物利用它們的話)状况的研究結合进行,是最客观地評价所获得的蒸騰資料的重要条件之一(Бейдеман, 1956)¹⁾。

如果有确定个別外界因素,特別是强烈地作用于蒸騰的外界 因素的影响性质的任务时,那么,可以在野外条件下設置簡单的試 驗。例如,可以建立不同的光照(用白色材料的屏障、胶合板、紗布 等遮阴)和土壤湿度(借助于阻止降水渗入土壤,或相反,进行补充 灌溉等等)条件,并在这个背景上对被研究的植物种进行蒸騰强度 的比較測定。

(李 恒譯, 陈昌篤校)

参考文献

- Александров В. Г. 1924. Об интенсивности транспирации некоторых травянистых растений. Зап. н.-прикл. отд. Тифл. ботан. сада, вып. 4.
- Арциховский В. М. 1938. Кобальтовая проба как метод изучения транспирации. Сов. ботаника, № 4—5.
- Бейдеман И. Н. 1947. Сезонный ход интенсивности транспирации некоторых растений в условиях полупустынного климата Северного Мугана. Докл. Акад. наук АзССР, т. 3, № 7.
- Бейдеман И. Н. 1956. Қ методике изучения водного режима растений. Ботан. журн., т. 41, № 2.
- Благовещенский А. В. и В. Г. Тощевикова. 1923—1924. Исследования над водным балансом у горных растений. Бюлл. Среднеаз. гос. унив., вып. 6.
- Васильев И. М. 1927. Суточный ход транспирации у пшениц. Тр. Сев.-Кавк. ассоц. н.-исслед. инст., т. 28, № 7.
- Васильев И. М. 1931. Водное хозяйство растений песчаной пустыни юговосточные Кара-Кумы. Тр. по прикл. бот., ген. и сел., т. 25, вып. 3.
- Васильев И. С. 1949. Опыт определения величины дессукции древесной растительностью. Вопр. географии, сб. 13.
- Васильев И. С. 1954. О водном режиме подзолистых почв. Тр. Инст. леса АН СССР, т. 22.
- Высоцкий Г. Н. 1904. О взаимных отношениях между лесной растительностью и влагой, преимущественно в южнорусских степях,

¹⁾ 参看本卷(161 頁) H. H. 貝德曼和 P. A. 費連科的文章。

- ч. 1. Тр. опыт. лесничеств, вып. 2. СПб.
- Генкель П. А. 1946. Устойчивость растений к засухе и пути ее повышения. Тр. Инст. физиол. раст. АН СССР, т. 5, вып. 1.
- Гордеева Т. К. 1952. Интенсивность транспирации растений комплексной полупустыни междуречья Волга—Урал. Ботан. журн., т. 37, № 4.
- Гранитова О. Н. 1937. Этюды по физиологии некоторых пустынных растений. Бюлл. Среднеаз. гос. унив., вып. 22.
- Евтушенко Г. А. 1947. Полевой метод весового контроля расходования воды растениями на транспирацию в орошаемых условиях культуры. Изв. Кирг. фил. АН СССР, вып. 6.
- Жемчужников Е. А., А. В. Веретенников и А. А. Котельникова. 1955. Определение транспирационной способности крон сосны. Физиол. растений, вып. 4.
- Иванов Л. А. 1918. О методе определения испарения растений в естественных условиях их произрастания. Лесн. журн., № 1—2.
- Иванов Л. А. 1946. Свет и влага в жизни наших древесных пород. Тимирязевские чтения, XV, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Иванов Л. А. 1956. О методе определения транспирации на срезанных побегах. Ботан. журн., т. 41, № 2.
- Иванов Л. А. 1957. Транспирационное сопротивление и влияние на него высоких и низких температур. Физиол. растений, вып. 5.
- Иванов Л. А. и А. А. Силина. 1955. Определение транспирационного расхода леса актинометрическим методом в связи с его энергетическим балансом в различных лесорастительных зонах Физиол. растений, вып. 4.
- Иванов Л. А., А. А. Силина, Д. Г. Жмур и Ю. Л. Цельникер. 1951. Об определении транспирационного расхода древостоем леса. Ботан. журн., т. 36, № 1.
- Иванов Л. А., А. А. Силина и Ю. Л. Цельникер. 1950. О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях. Ботан. журн., т. 35, № 2.
- Иванов Л. А., А. А. Силина и Ю. Л. Цельникер. 1952. О транспирации полезащитных пород в условиях Деркульской степи. Ботан. журн., т. 37, № 2.
- Иванов Н. Н. 1946. Методы физиологии и биохимии растений. Сельхозгиз, М.—Л.
- Ильин В. С. 1915. Испарение и ассимиляция степных растений. Изв. имп. Акад. наук, СПб.
- Киселев Н. Н. и А. П. Осипов. 1934. Водный режим хондриллы и некоторых других растений песков. Изв. Акад. наук СССР, сер. VII, вып. 7.
- Кокина С. И. 1929. Влияние влажности почвы на интенсивность транспирации и ассимиляции у растений, Изв. Гл. ботан. сада,

- Кокина С. И. 1935. Водный режим и внутренние факторы устойчивости растений песчаной пустыни Кара-Кум. Пробл. растениев. освоен. пустынь, вып. 4.
- Костычев С. П. 1933. Физиология растений, т. І. Сельхозгиз, М.—Л. Купревич В. Ф., Ю. С. Григорьев и Е. К. Низковская. 1949. Водный режим некоторых видов рода Cousinia Памиро-Алая. Ботан. журн., т. 34, № 1.
- Максимов Н. А. 1917. К вопросу о суточном ходе и регулировке транспирации у растений. Тр. Тифл. ботан. сада, вып. 19.
- Максимов Н. А. 1926. Физиологические основы засухоустойчивости растений. Тр. по прикл. бот., ген. и сел., Приложение 26.
- Максимов Н. А. 1931. Физиологическое значение ксероморфной структуры. Тр. по прикл. бот., ген. и сел., т. 25, вып. 1.
- Максимов Н. А. 1944. Развитие учения о водном режиме и засухоустойчивости растений от Тимирязева до наших дней. Тимирязевские чтения, IV, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Максимов Н. А., Л. Г. Бадриева и В. А. Симонова. 1917. Интенсивность транспирации и быстрота расходования водного запаса у растений различных экологических типов. Тр. Тифл. ботан. сада, вып. 19.
- Молчанов А. А. 1948. Расход влаги на отсасывание корневыми системами сосны в древостоях различного возраста и полноты. Докл. Акад. наук СССР, т. 59, № 8.
- Молчанов А. А. 1950. Водный режим в сосновых борах на песчаных почвах. Тр. Инст. леса АН СССР, т. 3.
- Ничипорович А. А. 1926. Определение транспирации в естественных условиях методом хлор-кобальтовой пробы. Журн. опытн. агр. Юго-Востока, т. 3, вып. 1.
- Попов В. Н. 1933. Материалы и методика по изучению почвенной влаги. Тр. Инст. южн. плодов. хоз., т. 19.
- Раскатов П. Б. 1940. Опыт учета транспирационных потерь насаждением. Научн. журн. Воронежск. лесохоз. инст., т. 6 (XXI).
- Рихтер А. А. и А. Д. Страхов. 1929. Физиологические основы устойчивости растений Нижнего Поволжья. К методике определения транспирации в естественных условиях. Журн. опытн. агр. Юго-Востока, т. 7, вып. 1.
- Родионов М. С. 1955. K методике определения интенсивности транспирации древесных пород. Ботан. журн., т. 40, № 1.
- Рутковский В. М. 1949. Гидрологическая роль леса. Гослесбумиздат, М.
- Рыкачев М. А. 1898. Испаритель для наблюдения испарения травы. Зап. имп. Акад. наук, т. 7, вып. 3.

- Сабинин Д. А. 1955. Физиологические основы питания растений. Изд.
- Свешникова В. М. 1957. Водный режим растений и почв высокогорных пустынь. (Рукопись. Ботан. инст. АН ТаджССР).
- Свешникова В. М. и О. В. Заленский. 1956. Водный режим растений аридных территорий Средней Азии и Қазахстана. Сб. «Вопросы географии», Изд. АН СССР, М.—Л.
- Тольский А. П. 1910. Вегетационные опыты по исследованию испарения у сосновых сеянцев. Тр. по лесн. опытн. делу в России, вып. 23.
- Arland A. 1929. Zur Methodik der Transpirationsbestimmung am Standort. Ber. Dtsch. bot. Ges., Bd. 47, H. 3.
- Arland A. 1953. «Fiebernde» Pflanzen-mehr Brot? Berlin.
- Briggs L. J. and H. L. Schantz. 1916. Hourly transpiration rate on clear days as determined by cyclic environmental factors. Journ. Agric. Res., vol. 5, № 14.
- Burgerstein A. 1920. Die Transpiration der Pflanzen, Bd. 2. Jena.
- Eger G. 1958. Untersuchungen zur Methode der Transpirationsbestimmung durch kurzfristige Wägung abgeschnittener Pflanzenteils besonders an Wiesenpflanzen. Flora, Bd. 145.
- Faber F. und A. Schimper. 1935. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage, Aufl. 3. Jena.
- Halevy A. 1956. Orange leaf transpiration under orchard conditions. Bull. Res. Council Israel, vol. 5, № 2—3.
- Henrici M. 1943. Transpiration of grasses in the south Mountain grassvild of the Drakensburg in comparison with the water loss of indigenous forests. South Afric. Journ. Sci., vol. 39.
- Huber B. 1927. Zur Methodik der Transpirationsbestimmung am Standort. Ber. Dtsch, Bot. Ges., Bd. 45, H. 8.
- Hygen G. 1951. Studies in plant transpiration, I. Physiol. plantarum, vol. 4.
- Klika J., V. Novák, A. Gregor. 1954. Prakticum fytocenolohia, ekologia, klimatologia a pudoznalstvi. Praha.
- Livingston B. E. 1906. The relation of desert plants to the moisture and to evaporation. Carneg. Inst. Publ., 50.
- Livingston B. E. and W. H. Brown. 1912. Relation of the daily march of transpiration to variations in the water content of foliage leaves. Bot. Gaz., vol. 53.
- Oppenheimer H. R. 1951. Summer drought and water balance of plants growing in the Near East. Journ. Ecology, vol. 39, № 2.
- Paauw F. van der. 1949. Water relations of oats with special attention to the influence of periods of drought. Plant a. Soil, vol. 1, № 4.
- Pisek A. und E. Cartellieri. 1939. Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes

- der Pflanten, Jahrb. wiss. Bot., Bd. 88, H. 2.
- Rawitscher F. 1955. Beobachtungen zur Methodik der Transpiration Messungen bei Pflanzen. Ber. Dtsch. Bot. Ges. Bd. 68, H. 8.
- Rouschal E. 1938. Zur Ökologie der Macchien. Jahrb. wiss. Bot., Bd. 87.
- Schratz E. 1931. Vergleichende Untersuchungen über Wasserhaushalt von Pflanzen im Trockengebiete des südlichen Arizona. Jahrb. wiss. Bot., Bd. 74, H. 2.
- Seybold A. 1929. Untersuchungen über die Transpirationswiederstände und über die Temperature aegyptischer Wustenpflanzen. Planta, Bd. 9, H. 2.
- Shapiro A. and H. Forest. 1932. A comparison of transpiration rates in chaparral. Ecology, vol. 13, № 3.
- Shreve E. 1914. The daily march of transpiration in a desert perennial. Carneg. Inst. Publ., 194.
- Stocker O. 1928. Zur Wasserhaushalt aegyptischer Wüsten und Salzpflanzen. Jena.
- Walter H. 1925. Die Verdustung von Wasser in bewegter Luft und ihre Abhängigkeit von der Grösse der Oberfläche. Ztschr. Bot., Bd. 18, 1.
- Walter H. 1951 Grundlagen der Pflanzenverbreitung. B. III. T. 1 Standortslehre.

植物土壤营养的研究方法

М. Г. 查依采娃 (Зайцева)

(苏联科学院植物生理研究所)

引言

土壤营养在植物的生活中起着巨大的作用。植物正是从土壤取得氮——蛋白质成分中的一个元素,而蛋白质又是活有机体的原生质的极其重要的成分。叶綠素——参加光合作 用 过 程 的色素——也含有氮,而光合作用能保証叶片所吸收的二氧化碳形成有机物质。土壤是植物的生长和正常生命活动所必须的其它許多元素的源泉。其中首先值得提出的是磷,它能形成各种各样的化合物——磷脂、糖类磷酸酯(фосфорный эфир углевода) 和磷酸核朊(фосфорные нуклеопротеиды),目前被认为在生长过程中以及在有机体遗传性的传递中起重大作用的复杂的蛋白质。

蛋白质中所含的硫也是由植物从土壤中得来的。硫和磷的化 合物都参加呼吸作用。

氮、磷、硫都是非金属。植物从土壤中吸收到的是氧化了的磷和硫——磷酸和硫酸的阴离子。氮可能以氧化物的形式——硝酸的阴离子 NO₃,也可能以还原的形式——阳离子 NH₄进入植物。

除了非金属以外,植物还从土壤中得到金属——鉀、鈉、鈣、鎂、鉄、銅等。它們的作用是不同的。一些形成有机金属化合物,例如鎂是叶綠素的組成成分,銅和鉄是呼吸酶的成分;另一些——鉀、鈉、鈣——仍以离子形式存在,它們被細胞的原生质結合起来, 并調节原生质的胶体-化学性质。

还可继續列出植物从土壤中所吸收的元素的名称。我們还未

提到硅、錳、硼、鋅、鍶、鋰、鋇、鉬、鉛、鎳、鈷等元素,它們的意义各有不同,而且决不是取决于它們在植物活质中的分量。实质上說来,它們之中某些元素的作用至今还完全不清楚,虽然它們的必要性已經被証明了。属于这一类的首先是所謂微量元素,它們在植物中的数量是微不足道的——只不过占植物鮮重十万分之几甚至万万分之几(Максимов, 1948)。

植物用根从土壤中吸收物质,个别植物种的根深入到土壤中的深度很大,而且往往占有很大的面积。在伸入土层的全部根体中,执行吸收机能的只有那些紆細而未木栓化的幼嫩根端,就重量而言,它們是为数很少的。

根的吸收带位于分生組織部分的附近。对吸收机制的研究表明:在这一过程的第一阶段是离子吸附在細胞表面。然后,原生质的成分把离子結合起来。从外部环境中吸收来的离子逐漸从細胞中解吸出来而进入根的导管,同时向上輸送到地上器官。

离子的吸收取决于根所处环境的反应。酸性加强有利用于吸收阴离子,相反,反应趋向于碱性則可促进阳离子的吸收过程。然而,应該指出,土壤反应的生理作用并不是限于氢离子浓度对物质吸收过程的影响。

植物的根能使从土壤中吸收来的矿质营养元素集中起来,土 壤中这些元素的含量往往比植物中的低几十倍。因此,吸收过程 是相反于浓度梯度而进行的。这一过程要求消耗能量,后者由呼 吸作用来保証。

总之,物质的吸收是一个主动的过程,而且,应該特別着重指出,它相对地不依賴于水的进入(Сабинин, 1940)。

物质吸收的速度在植物生活的不同阶段不一样。正如栽培植物的实驗所表明的那样,最大吸收速度是出現在植物体增长最快的时期。在一昼夜的期間內,吸收速度可以有很大的变化,显然,这与有机体生命活动的节律有关。

下面介紹一些研究方法,可以最一般地說,按照作为各种方法的基础的基本原則,至少可以把所有各种研究土壤营养的方法分

为若干基本类别。

根据植物成分的分析可以解决植物从土壤中吸收了多少和吸收了哪些物质的問題。目前已有許多完善的分析氮、磷、硫、鉀等元素的化合物的方法。不过,这些原則相当簡单的方法不能回答哪些元素是有机体在它的不同生活时期进行正常活动所必需的这个問題。有时,个别元素的大量积累甚至对有机体有害,例如氯就是这样,在盐漬化条件下植物中含氯过多就会起抑制作用。

如果从植物的培养基中排除某种元素,就可以确定該元素是否必要。这一原則也正是数十年来在生理学和农业化学中所利用的"营养法"的基础。 該法的創始人是克諾普和薩克斯,他們會用人工配制的营养混合液培植植物。克諾普所建議的营养混合液至今还是应用最广的混合液之一(Максимов, 1948; Walter, 1950)。

利用营养溶液来培育植物給根的吸收活动的研究开辟了新的前景,根据植物所处培养基的分析来判断物质吸收情况已成了可能——营养基中各个元素浓度在一定时間內的变化可以作为吸收作用的指标。这一办法比植物本身化学成分分析要来得优越,因为它可以計算較短时間內的吸收情况,至于分析溶液中各种元素的含量在技术上比分析植物体簡单,那就更不用說了。

由于可以用这种或那种方法标記由外面培养基进入到植物体中的物质,并进一步根据所作的标記来計算它們,而不必进行化学分析,这样使得研究者的任务更为簡化。这一原則就是在生物学研究中广泛采用,并获得《示踪原子法》名称的这个方法的基础。

地植物学研究中的植物土壤营养研究具有一定的特点。对地 植物学家来說,解决下列問題可能有重大意义。

- 1. 矿质营养元素的吸收和积聚的活动性的比較以及它們在同一群落內和适应于不同生境的不同群落(群丛)中的各个植物种的器官中的分布。
- 2. 不同外界因素,例如土壤的 pH、土 壤溶液中盐类的浓度、 土壤温度等对根系吸收活动的影响。这在北方和高山区,特别是在

上部高山植被带,有特別重要的意义,因为那里的植物在积极生长期还可能处于土壤的冻結层中。

- 3. 春季不同植物种根的积极吸收活动的开始日期 和 **秋季它** 的終止日期的确定,因为这些日期說明植物由积极生命活动向休 眠状态过渡的特征。
 - 4. 生长期內活动性的变化。

这一切問題的解决要求采用不同的方法。例如上述第一个問題可以借助于对植物材料进行直接的化学分析解决。也可以采用示踪原子法。如果由于某种原因而不能利用这种高度完善的方法,那么,最方便的方法是根据根周围培养基中物质浓度的变化来研究吸收过程。在这种情况下,只得把植物或个别的根置于人工的营养混合液中。

对地植物学家来說,研究植物土壤营养的主要困难是要求在自然条件下进行研究。这一条件限制了采用生理学家和农业化学家老早就应用的那些研究得很好,并且經过检驗的方法,例如营养法的可能性。例如在野外条件下,只有当象土壤 PH 和土 壤 溶液浓度对植物的影响这类問題得到解决时,才能成功地采用这种方法。

上面很簡单的叙述已可表明,在远离有条件进行化学和其它 分析的实驗室的路綫考察中是不能进行土壤营养研究的。这样的 研究要求有装备較为完善的定位站。因此,正是土壤营养是在沒 有受过人类干扰的自然界进行工作的研究者所不易达到的領域, 这并不是偶然的。

指出了上述的情况之后,再来較詳細地分析一下各**个研究方** 法。

植物材料的分析

这里,我們不准备詳細討論測定各种矿质营养元素的大量方 法的原則和細节。我們只簡要地談談它們。因为在广泛流行的許 多生物化学和农业化学的指南中可以找到关于它們的描述。

很完善的固定植物材料的方法可以使植物材料的化学成分长期保持而无重大的变化。这就保証了在离采集样品地很远的地方进行分析的可能性。因此,在利用最簡单的固定方法的情况下,可以在距离实驗室很远,在野外环境中进行研究用的材料的采集。

稍为談一談标本的采集。首先应該注意的是,材料应該从尽可能大量的植株上采集。否則,分析的結果可能或多或少地具有偶然性质。为了有可能深信所获得的数字,标本的采集不能少于两个重复。材料的采集永远应在一昼夜的同一时間內进行。这一要求是基于:各种物质的含量在一昼夜內不是固定不变的。例如:在光合作用过程中,植物叶內就有碳水化合物的积聚和流出。这引起叶片重量的显著变化,因而也引起包括矿质营养元素化合物在內的所有非碳水化合物性的化学成分的分量的变化。这些变化带消极性质。然而,由于矿质营养元素化合物本身一昼夜內在植物体中的轉运,也可能产生这样的变化。这类的变化也可能很大。例如,叶片內氮的含量在一昼夜內几乎可以改变到合于重的1%,但它在植物体中的最大含量通常不超过5%。因此,采集材料如不考虑到植物新陈代謝的昼夜动态可能是完全不合适的,因为这样的材料不能进行比較。

材料采集后,应立即清洗以除去灰尘,然后用滤紙或紗布在表面吸干。在材料固定以前,还在野外时就最好用技术天秤称重,这样,如果在进行干燥时沒有損失的話,就提供在以后測定植物含水量的可能性。这使我們不但可以用干重,而且可以用鮮重来計算分析結果。鮮重可以說明被分析物质在植物生活組織中的浓度,因此是很有意义的。

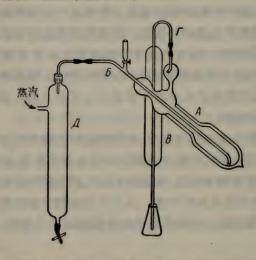
称重之后,就可进行固定工作,为了防止因酶的作用而造成的 化学成分的变化,这是必須的。在野外条件下,最容易做到的是用 柯赫 (Kox) 仪器中的蒸气进行固定。如果沒有这种仪器时,可以 利用容积为5—6公升的普通鍋。鍋內放入水,并放置一个不高的 具有网子的三角架,材料疏松地放入小瓷盘或紗布袋中,在极端不 便的情况下就簡单地放在紙上。然后把它們放到鍋內的网上煮沸 15—20 分钟。应該注意使鍋盖上因水汽凝結而形成的 水 珠 不致 掉到放有材料的瓷盘中去。为此,可在材料上面盖上一张蜡纸。

固定之后,必須把材料风干。如果是在烘箱內烘干,箱內溫度 应不超过 40—45℃。

至少,可以在空气中、帐篷中、在帆布遮棚下或任何通风良好 的屋子里进行风干工作,同时,使材料处于疏松状态。张在小木条 架上的紗布网对风干工作非常方便。

风干了的材料可以长期保存, 也可运到实驗室去。

分析氮、硫、磷、鉀等元素的含量是相当費力的,要求研究者具 备高度的技能。 測氮必須用硫酸将材料进行所謂湿烧。 燃烧时, 所有氮都变为銨氮,后者在蒸餾之后根据滴定硫酸来測定(图 1)。 燃烧一般要继續好几个小时。



測磷也要求用硫 酸和硝酸混合液讲行 湿烧或进行干灰化。 測硫和卤素也要采用 干灰化。A. H. 别洛 泽尔斯基 和 H. U. 普罗斯庫里亚科夫 (Белозерский и Проскуряков, 1951) 描 述了測氮、磷、硫、卤 素、銅和鉄的各种方 法:A.B. 彼捷尔布尔 格斯基 (Петербургский, 1952)介紹了測 鈣、镁、鉀、磷和氮的 方法。

如果研究者对各种矿质营养元素含量的严格定量分析不感兴

趣和可以滿足于近似的鑑定的話,那么,可以建議采用供測定栽培植物需肥量的較簡单的野外方法,这主要是根据植物汁液的分析(Магницкий,1954)。它們不要求复杂的設备,化学素养不高的研究者也可以利用。根据比色反映和浊度反映評定各种元素的含量。在这种情况下,在从植物的这些或那些部分榨出的液滴中加入相应的試剂之后,将所出現的顏色与标准溶液或色斑的級度相比較。分析結果用1公斤植物汁液中元素的数量或約定的单位——級度来表示。

借助于滴液法可以測鉀、鎂、氣以及氮和磷化合物的个別形式。氮以氧化形式——硝酸盐測出¹⁾。所有其它有机和无机化合物仍然不能計算。

根据下列事实估計植物的氮素保証。已經确定,在根吸收带已經进入細胞內的个別离子,例如 NO3, 能够发生变化。氮还原为 NH1。因此通常,只是在植物有足够氮的保証的情况下,在 植物地上器官中才能积聚大量的硝酸盐。

有些植物仅仅是分布在土壤中有硝酸盐积累的地方。大家知道,例如,莧属(Amaranthus)常常在垃圾堆附近出現,因为那里由于各种有机残余物的分解而在土壤中积聚了大量的硝酸盐。在东帕米尔,Zygophyllum 的一些种 (Z. Rosovii 以及特別是 Z. obliquum) 常常迁居到旧的猎人临时宿站地方,因为那里也有大量硝酸盐的积聚。这些植物各种器官的組織甚至它們的花都富含硝酸盐。隆德戈尔德曾經編制了一个所謂喜氮植物名录(Люндегорд, 1937)。而且,个別植物种甚至在土壤中硝酸盐含量不高的情况下也有积聚硝酸盐的能力。根据我們在土庫曼所进行的測定,Halocnemum strobilaceum 属于这样的植物。因此,植物体中硝酸盐氮的含量的測定不仅对鑑定各个生境,而且对鑑定不同的植物种都有很大的意义,特別是如果植物材料的分析能够与土壤分析

¹⁾借助于不同的方法,其中包括分析土壤时也利用的比色法在內,可以对硝酸盐进行精确的定量測定(Γεμροἄιι,1929)。在溶液蒸发时加入几滴过氧化氫使植物材料提取液預先脫色。

配合起来的話。

在測定磷的滴液法中也只能計算磷的无机化合物。从土壤中 吸收的磷酸盐形式的磷在植物体中形成各种有机化合物——磷脂、糖酯、核朊。这些化合物分解时,又可重新得到磷酸。只有在植物有充分的磷保証时,才有可能发生磷的大量积聚。

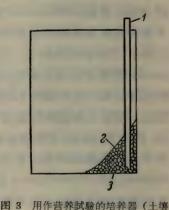
营 养 法

上面已經指出,对地植物学家来說,营养法基本上只具有輔助的意义。因此,我們将只簡略地談談它。如有必要,可以从其它指南 (Соколов, Ахромейко 和 Панфилов, 1933; Сказкин, Ловчиновская, Красносельская и 等., 1953; Соколов, 1954)中得到較詳細的报导。

把植物栽培在专門器皿中的人工营养混合液中。培养器的大小和形状可能各色各样。在培养器中装着溶液(水液培养,图 2),砂子(砂土栽培)或土壤(图 3)。已經制訂了各种营养混合液的配



图 2 水液培养器(A)和它的盖子(b) (根据 Сказкин 等,1953)



栽培和砂土栽培)的断面图 (根据 Cказкин等, 1953) 1——直径为 1.5—2 厘米的玻璃管,通过它对植物进行灌水, 2——耖布或结实的包装紙, 3——培养器的排水系統(砾石或碎玻璃)

方,在这些配方中不但各个元素的剂量不同,而且化合物的形式也不同。最常用的混合液之中可以提出的是克諾普混合液 (смесь Кнопа),格尔里格里混合液 (смесь Гельригеля)和普里亚尼什尼科夫混合液 (смесь Прянишникова)。最后一种混合液的突出特点是,它不是用硝酸鈣 (生理碱性盐类,其中的阴离子比阳离子吸收得快,这对植物是不利的)作氮源、而是用生理上中性的硝酸銨作氮源。加入到普里亚尼什尼科夫混合液中的鈣是磷酸鈣和石膏。

下面列举上述各混合液的成分(以1公升溶液或1公斤沙子計)。

克諾普混合液	格尔里格里混合液	普里亚什尼科夫混合液
Ca(NO ₃) ₂ —1 克 KH ₂ PO ₄ —0.25 克 MgSO ₄ ·7 H ₂ O—0.25 克 KCl—0.125 克 Fe ₂ Cl ₆ —微量	$Ca(NO_3)_2$ —0.492 克 KH_2PO_4 —0.136 克 $MgSO_4$ -7 H_2O —0.075 克 KGl —0.060 克 Fe_2Cl_6 —微量	NH ₄ NO ₃ —0.24 克 CaHPO ₄ ·2 H ₂ O—0.172 克 MgSO ₄ ·7 H ₂ O—0.06 克 KCl—0.15 克 CaSO ₄ ·2 H ₂ O—0.334 克 Fe ₂ Cl ₅ —0.025 克

在那种情况下,当有必要使植物栽培在缺乏这种或那种元素的条件下时,应該进行計算,以便使得在第二个組分中补充會經从混合液成分中取消了的那个盐类。例如,如果从格尔里格里混合液中取消鈣时,就应該用硝酸鉀来作为氮源。而且要計算,为了保証植物有按格尔里格里混合液定額中那么多的氮,应該用多少数量的 KNO₈。

在格尔里格里混合液中含有 0.492 克的 $Ga(NO_8)_2$ 。它的分子量等于 164 克。一个克分子 $Ga(NO_8)_2$ 中的氮是 28 克,在 0.492 克 $Ga(NO_8)_2$ 中的氮应为 x 克。作出比例式,求得 x。

$$\frac{x}{28} = \frac{0.492}{164}$$

由此

$$x = \frac{28 \times 0.492}{164} = 0.084$$
 克。

 KNO_3 的分子量等于 ~ 101 克。在 101 克的 KNO_3 中含氮 14 克,而在 x 克 KNO_3 中含氮 0.084 克。列出第二个比例式,得

$$x = \frac{101 \times 0.084}{14} = 0.606$$
 克

在这种情况下,要使鉀的数量相等是不可能的,因为要这样就不能不减少磷的剂量,甚至还要完全取消氯化鉀。

为了解决一系列的問題,例如象查明土壤溫度在根系活动中的作用,确定还可以进行吸收活动的极限点以及某些其它任务,可以利用我們在研究帕米尔野生植物的营养物质吸收过程时所制定的方法。作为这个方法的基础的总的原則是根据母液的浓度和植物根所在的溶液浓度的差别計算吸收作用。

根据营养溶液浓度的改变計算物质的吸收情况

根据营养溶液浓度的改变計算物质的吸收情况十分簡单,沒有得到专門訓练的研究者也可以进行。試驗时利用根,根上的土要小心地用水冲去。最方便的是用下述办法摘取根的吸收尖端。在选定作試驗用的植物近旁挖一条壕沟,从壕壁上找出大主根的伸展方向。然后在分歧为細根的那些地方,用一小股水冲洗壕壁。壕深以根的埋藏深度为轉移。冲洗根的过程是比較困难的。因此我們提出几点建議以减輕这一手續。洗根最好用接有眼孔很小的噴咀的橡皮管。皮管的一端可放到河里或任何水体中,只要有可能从比試驗地較高的地段得到水就行。橡皮管的直径不能超过1.5—2厘米。当利用带有长管咀(如吸移管那样)的玻璃管作为噴咀时,可以得到足够有力以使根从土壤分出来的水流。

当摘取了根上細小的吸收尖端之后,应小心地用經常保持湿潤的一层棉花把洗过的根的上部盖起来,而在棉花上面則应覆盖結实的紙或金属薄片以防根部干燥和給太阳晒热。根下部的吸收部分放置于专門的小瓶中,后者在試驗时盛营养混合液,在試驗前則盛水。

用禾本科植物、某些半小灌木或其它植物作試驗时,我們是用容积 10 毫升的普通离心試管作小瓶,上面有一个具三个小孔的軟木塞。两个孔插玻璃管,而第三个孔(纵切的)放洗过的一束根。在一个玻璃管的下端接一橡皮管通到試管底部。这个管子的上面接上第二个橡皮管,其直径 5—7 毫米长 7—10 厘米(图 4)。通过这两个管子可把营养溶液灌入瓶內,試驗結束后又可把溶液吸出来。第二个玻璃管的上端盖以棉花塞或金属薄片制成的小罩。

用下列办法把溶液注入小瓶。 放試驗溶液的吸移管的管明从上面 插入橡皮管(图 4, 1), 溶液即沿着 管子流入小瓶中。混合液注入后, 再經同一管子注入一定量的水,以 **清除管中残存的溶液。試驗結束** 后,溶液通过同一涂径流出来。为 此, 借助于用以吸取溶液的特殊的 装置使管子与量瓶連接起来(图4. 3)。溶液流出后、要用水冲洗小瓶 5-6次,这水也吸到同一个量瓶 中。在这种情况下要清除掉营养溶 液的痕跡。这項手續結束后,把量 瓶中的溶液标上記号开始进行分 析。根据母液浓度和該溶液在試驗 之后的浓度之差計算物质的吸收情 况。



图 4 測植物根的吸收作用的小瓶和 倒溶液用的装置(原图) 1——注入和吸出溶液的管子; 2—— 放根的小孔; 3——用橡皮管(4)与 量瓶联接起来的吸溶液用的装置

在工作中采用普通的水液培养营养混合液,这种混合液是在 設置营养試驗时使用的。但是,应該考虑到,在試驗中需要測定其 吸收情况的那种元素的盐不应在营养混合液中留下不溶解的沉淀 物。否則,如果在根的表面生成不溶解的沉淀物,那么,去除这部 分化合物就可能被认为是吸收掉了。对于鈣和磷这类的元素应特 別警惕这一点。如果在工作中想要計算它們之中一个元素的吸 收,那么另一个元素就应从营养混合液中除去。因为这个原故,我們有时不用一般常用的营养溶液,而用泽連先(Зеренсен)的带中性反应(pH~7)的磷酸盐緩冲混合液,必要时还按格尔里格里混合液的标准加入硝酸鉀或硝酸銨。下表列举了泽連先緩冲混合液在組成盐类的不同比例关系情况下的 pH 值。

注入試驗培养器的永远是 2 毫升的营养混合 液 和 5 毫 升 的水。因而,溶液的总体积是 7 毫升。溶液中磷的浓度应該与格尔里格里混合液中磷的浓度相等,即 31 毫克 P/1 毫升溶液。 母 混合液的浓度应該是多少呢?显然,多 $\frac{7}{2}$ 倍,即: $\frac{31 \times 7}{2}$ 毫克 P/1 升。这样数量的磷应該是从 KH_2PO_2 和 $Na_2HPO_2 \cdot 2H_2O$ 中得到。为了得到 $pH \sim 7$ 的混合液,盐的分子比例应为 4:6 (見表)。

рН	每 100 毫升混合	每 100 毫升混合液中的溶液量(毫升)		
	$\operatorname{KH_2PO_4}\left(\frac{1}{15}M\right)$	$Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O\left(\frac{1}{15}M\right)$		
9.18	0.00	10.00		
8.68	0.10	9.90		
8.34	0.25	9.75		
8.04	0.50	9.50		
7. 73	1.00	9.00		
7.38	2.00	8.00		
7.17	3.00	7.00		
6.98	4.00	6.00		
6.81	5.00	5.00		
6.64	6.00	4.00		
6.47	7.00	3.00		
6.24	8.00	2.00		
5.91	9.00	1.00		
5.59	9.50	0.50		
5.29	9.75	0.25		
4.94	9.90	0.10		
4.49	10.00	0.00		

現在来計算,制1升的混合液需要多少盐类。

4 分子 KH_2PO_4 的份重 是 544, 6 分 子 $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ 的 份 重——1068。这样的混合液中将含 10 个磷原子,即 310 个份重。 我們所需的溶液的浓度是 $\frac{31 \times 7}{2}$ 毫克 P/升。

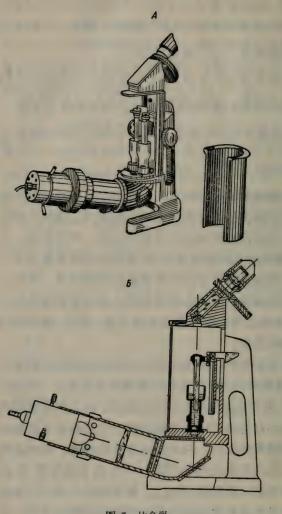
因此,一升溶液中 KH_2PO_4 的含量将等于 $\frac{544 \times 7}{20}$ =190.4 毫克,而 $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ $\frac{1068 \times 7}{20}$ =373.8 毫克。

选择浓度的問題是值得特別注意的。在进行試驗时应該注意 說明吸收現象特征的数字的准确性。上面已經提到,吸收作用是 根据母液的浓度和試驗溶液的浓度之差来計算的。不言而喻,上 述的差額愈大,即吸收作用的数值愈大,計算的相对誤差就愈小。 吸收值本身取决于吸收的强度或速度和試驗的持續时間。因此, 必須用这么多体积的溶液,使得在試驗期間大量的盐能被吸收。 但是,不容許溶液的浓度在試驗期間过多地下降,否則,吸收将局 限于溶液中所留存的盐类。

此外,应該考虑分析方法和借以进行測定的仪器的灵敏度。例如,利用比色法时就得注意,用普通的裘鮑斯克比色計(Колориметр Дюбоска)是不能測强烈稀释的溶液的,因为在溶液颜色很淡的情况下,在小柱摇动时肉眼不能分辨比色計各区照度的差异。这样可能增加讀数的誤差,从而降低測定的精度。根据裘鮑斯克比色計設計改装的浓度比色計 КОЛ=1М 由于应用固定的光源和滤光器而具有較大的精度(图 5)。最完善的仪器——装备有光电管的光电比色計是比肉眼較为灵敏而客观的測定工具。这种仪器保証利用强烈稀释溶液的可能。

由上述可見,不进行預先的試驗,是不可能选定浓度的。选择 适当的数值应考虑到吸收的强度、植物根保持在溶液中的时間以 及分析方法的灵敏度。

在我們的試驗中,3一4小时之后就可看到大量的吸收过程,



因此,試驗的持 續时間涌常不招 过5小时。如果 进行短时間的試 驗, 总的持續期 只有几个小时的 話, 那么应該注 意, 吸收强度在 一昼夜期間是有 改变的, 甚至同 一个种的植物的 最大吸收速度也 不是同时出現。 因此,最好是在 一昼夜內进行几 次測定。

在結束比色 法的介紹时,举 例說明一下吸收 的計算。

假定,在試 驗中研究了磷和 硝酸盐氮或銨态 氮的吸收。

今以C代表 标准溶液的浓

度,X——試驗溶液的浓度,H——标准溶液的高度, H_X ——試驗溶液的高度,則:

$$\frac{C}{X} = \frac{H_{x}}{H}, \ \overrightarrow{\text{Mil}} \ X = \frac{C \times H}{H_{x}}.$$

如 V——被分析溶液的体积,那么:

$$\frac{C \times H}{H_{x}} \times V =$$
被分析物质的数量。

在对用作試驗的母液进行比色測定时,假定在同一标准情况下該溶液高度等于 H_y 。則在同样体积的溶液中,被分析物质的数量将等于:

$$\frac{C \times H}{H_y} \times V_{o}$$

求出第二个值与第一个值之差

$$\frac{C \times H \times V}{H_{y}} - \frac{C \times H \times V}{H_{x}} = C \times H \times V \left(\frac{1}{H_{y}} - \frac{1}{H_{x}}\right)$$

$$=\frac{C \times H \times V(H_x - H_y)}{H_y \times H_x}$$
 = 試驗时被吸收的物质的数量。

在研究溫度或其它影响根系活动的外界因素的作用(在恒温条件下)时,也可采用上述計算吸收作用的方法。这时,放根的小瓶应置于盛水(如研究低溫的作用,則盛带冰的冰盐混合物)的杜瓦(真空)瓶內。

容积在 10 毫升 以下 的离心試管和工作起来 很 方 便 的 小杜瓦瓶 (容积 不超过 100—200 毫升) 可用作 計 算 吸 收 作 用 的小瓶。

这个方法有許多缺点。首先,即使最小心地使植物的根与土壤分开,植物根无疑也会要受到伤害。此外,在計算吸收作用时,植物根是处于对它們来說不平常的水培养基中,而不是在土壤中。其次,利用这个方法不能估算整株植物所吸收的物质。在工作中能够获得的只是代表大小大致相同的个别根的吸收强度的数值。然而,这样的根就吸收能力而言,彼此的差别是很大的。因此,为了得到可靠的資料,必須使各个試驗变种有大量的重复,而不是三四次的重复。

示踪原子法的应用

在現代的生理学和农业化学中,同位素法得到了愈来愈多的 应用。用这种方法使我們有可能計算从外面进入植物的 微量 物 质。除了高的灵敏度以外,这个方法还有一个很大的优点,就是使 研究者可以避免进行繁重而費力的化学分析。

这个方法的实质在于: 在供植物吸收的盐中加入一定量的根据某种元素而可以示踪的盐,这种元素在化合物中不是一般最常見的同位素,而是具有特殊原子量的元素。这种同位素既可以是不衰变也不发生輻射的稳定性同位素,也可以是放射性同位素。在应用示踪原子的所有研究中都必需以下列情况为前提: 具有不同原子量的同一元素的同位素,不論是稳定性的,或是放射性的,都同样地被有机体所利用。

稳定性同位素和放射性同位素的測定方法是各种各样的。原子量的差异是測定稳定性同位素的基础。根据这种差异,借助于叫做质譜仪的特殊仪器可以把同一元素的各种同位素区别开来并計算它們的数量。为了計算,应把质譜仪中被分析的物质轉变为电离状态。对于鎂和硅这一系列元素的化合物来說,这个条件是很难办到的。

測定本身是一件复杂的和細致的工作,要求有专門的訓练。如果还补充一点,測定大多数稳定性同位素要求复杂的貴重的仪器,那么,为什么稳定性同位素至今在生物学研究中还未得到广泛的应用这个問題就很清楚了。然而,在測氮和氧这些不具有便于工作的放射性同位素的元素时,稳定性同位素的应用却是不可替代的。

測量放射性同位素,問題則簡单得多,由于这个緣故,这种同位素在生物学研究中比稳定性同位素应用得早。測定放射性同位素的基础是登記在它們衰变时所放出的射綫。大家所知,在这种情况下可以观察到三种射綫;即所謂 α-射綫(氦核粒子),β-射綫

(带負电或正电的粒子) 和 1-射綫(比伦琴射綫穿透性强的光子)。

放射性同位素的寿命长短不同,一般以半衰期来代表同位素 的寿命。半衰期就是現有同位素数量的一半发生衰变 的 时 間 間 隔。

所謂放射性自动摄影法是最簡单的記录射綫的方法。这种方法是基于于放射性物质发射出来的粒子会引起照相乳胶变暗。把含有放射性物质的物体放到照相軟片或薄片上,就可以得到它的印痕。这种方法可发現放射性物质在物体中的精确位置,幷具有很高的灵敏度。然而,暫时还不能利用它作精确的数量計算(Верховская, 1955а; Комар, 1957)。

放射性是用各种专門的仪器——不同类型的計数器和換算装置——来測定的。在許多专門的指南中可以找到这些仪器的說明 (Бочкарев 等; 1953; Верховская, 1956 б; Спицин 等, 1955; Комар, 1957)。这些仪器的結构虽然复杂,但用起来并不困难。以測定放射性为基础的各种方法的灵敏度很高。实际上,可以认为,这种灵敏度比化学分析法的灵敏度要高得多。

在生物学研究中首先被广泛应用的放射性同位素是原子量为32的磷(P³²),获得 P³² 的方法很簡单。利用任何元素的、稳定性的或放射性的同位素在原則上都是可能的,但到目前为止,絕大多数的研究是用 P³² 完成的。

有大量的工作使用了鉀(K^{42})、鈣(Ga^{45})、鉫(Rb^{86})、鍶(Sr^{82})、鋅(Zn^{65})、硫(S^{85})、鈉(Na^{24})、溴(Br^{82})(Дин, 1956)。

好些文章都介紹了有生物学意义的 同 位 素 (Камен, 1948; Клечковский, 1955 а; Войт, 1956)。

目前,已很好地研究出計算植物、植物材料燃烧后获得的灰分、不同器官作成的干粉末以及活植物中的不同放射性同位素的方法。許多专門著作都詳細地介紹了这些方法 (Соколов, 1955; Клечковский, 1955а; Заленский 等, 1955)。

应用同位素的技术是野外研究工作中的一个 极其 重要的关键。看来,应用放射性磷是最有前途的,因为它的半衰期不长不

短——14.3 天,保証有可能在 120 天期間进行工作(Дин, 1956)。 在农业化学中,放射性磷被用来研究不同农作物的施肥方法,研 究施肥的不同形式和不同份量 (Клечковский, 1955а; Соколов, 1955)。

已經发現,土壤中磷化合物的轉移十分緩慢。如果把磷直接施于根的附近,那么,可以确定,它經过 40 小时就可进入植物体内;如肥料是施在土壤表面,那么至少要經过 11 天才能进入植物体内(Urich, Jacobson, Overstreet, 1947)。

湿潤土壤可加速物质的轉移,然而在地植物学研究中,人工湿潤可能是不好的,因为这要使植物的生存条件发生很大的变化。 因此,为了保証植物根的吸收尖端和施入土中的物质相接触,必须 采取特殊的方法。这不是一項簡单任务,但还是可以提供某些建 議。

例如,在目前,磷肥是制成粒状的。在离植株不同的距离,用钻孔器在土壤中钻出不同深度的垂直孔,可以保証磷肥顆粒在十分接近根的吸收尖端的地方比較均匀的分布。用同样的方式,也可以把顆粒盐放在試驗植物附近人工挖掘的壕沟沟壁上的水平孔洞內。

規定放射性物质的用量也是一个重要問題,因为剂量不足,試驗結果的可靠性就不大,但剂量太多,放射性物质的射綫又可能有毒害作用。不进行預先的試驗,要計算出工作中最合理的剂量是不可能的。在这种情况下,应該考虑到下列許多一般性問題:1)原始样本的活动性;2)依有机体重量为轉移的、同位素的稀释程度;3)同位素的吸收程度,也就是可能被植物从土壤中吸收的被研究物质的数量;4)同位素分布的不均匀性,例如在植物的不同器官(根、茎、叶)中;5)当利用半衰期小的同位素时的时間因素(Bep-ковская, 1955в)。

应該指出,在利用放射性同位素进行工作时必須保持一定程度的警惕,因为它們的射綫对人体是有害的。在开始工作之前,必須了解在应用放射性指示剂时保护安全的技术(3иновьева,

1955)。

放射性同位素不但可以用来計算从土壤中吸收物质的速度, 許多作者(例如 Дин, 1956)还利用放射性指示剂来測定植物根系 的生长速度和活动性。为此,把放射性物质放在离根不同距离的 地方,然后測出植物体內积聚定量放射性物质所必須的时間。这 个方法也被用来測定某些草本植物种根系的穿透深度(Бертон 等,轉引自 Дин, 1956),用来确定于土层中的 根系 分布情况 (Hunter 和 Kelley, 1946a, 1946b),用来研究树木根的連生現象 (Кунтц等, 1956)以及其它目的。

从上述可知,利用示踪原子所能研究的問題的范围是多么广泛。可以不用怀疑,这个方法目前在地植物学研究中虽然还未被 采用,但在不久的将来,一定会得到有成效的应用。

(李 恒譯, 陈昌篤校)

参考文献

- Белозерский А. Н. и Н. И. Проскуряков. 1951. Практическое руководство по биохимии растений. Изд. «Советская наука», М.
- Бочкарев В., И. Кеирим-Маркус, М. Львова, Я. Пруслин. 1953. Измерение активности источников бета- и гамма-излучений. Изд. АН СССР, М.
- Верховская И. Н. 1955а. Чувствительность изотопных методов исследования. В сб.: Метод меченых атомов в биологии. Под ред. А. М. Кузина, Изд. Моск. гос. унив., М.
- Верховская И. Н. 19556. Установка типа Б и основные методические указания при работе с ней. В сб.: Метод меченых атомов в биологии. Под ред. А. М. Кузина, Изд. Моск. гос. унив., М.
- Верховская И. Н. 1955в. Методические основы применения радиоактивных индикаторов в биологическом эксперименте. В сб.: Метод меченых атомов в биологии. Под ред. А. М. Кузина, Изд. Моск. гос. унив., М.
- Войт А. 1956. Радиоактивные изотопы. В сб.: Биофизические методы исследования. Под ред. Ф. Юбера. Изд. И.Л. М.
- Гедройц К. К. 1929. Химический анализ почв. 2-е изд. Сельхозгиз, М.—Л.
- Дин Л. А. 1956. Применение радиоактивных изотопов при исследовании почв и удобрений. В сб.: Применение радиоактивных изото-

- пов в промышленности, медицине и сельском хозяйстве. Докл. иностр. учен. на Междунар. конфер. по мирн. использ. атомной энергии, Изд. АН СССР, М.
- Заленский О. В., О. А. Семихатова, В. Л. Вознесенский. 1955. Методы применения радиоактивного углерода C^{14} для изучения фотосинтеза. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Зиновьева Е. Г. 1955. Особенности лабораторной работы с радиоактивными веществами. Сб.: Метод меченых атомов в биологии. Под ред. А. М. Кузина, Изд. Моск. гос. унив., М.
- Камен М. 1948. Радиоактивные индикаторы в биологии. Изд. иностр. лит., М.
- Клечковский В. М. 1955а. Применение метода меченых атомов в агрохимии. Сб.: Метод меченых атомов в агрохимии. Под ред. А. М. Кузина, Изд. Моск. гос. унив., М.
- Клечковский В. М. 1955б. Меченые атомы в изучении способов внесения удобрений. Докл. сов. делег. на Междунар. конфер. по мирн. использ. атомной энергии, Изд. АН СССР, М.
- Комар С. 1957. Радиоактивные изотопы в биологии и сельском хозяйстве. Изд. иностр. лит., М.
- Кунтц Дж. и др. 1956. Применение радиоактивных изотопов для изучения роли срастания корней лесных деревьев, в передвижении воды и питательных веществ и болезнетворных организмов. Сб.: Применение радиоактивных изотопов в промышленности, медицине и сельском хозяйстве. Докл. иностр. учен. на Междунар. конфер. по мирн. использ. атомной энергии, Изд. АН СССР, М.
- Люндегорд Г. 1937. Влияние климата и почвы на жизнь растений. Сельхозгиз, М.
- Магницкий К. Н. 1954. Упрощенные полевые методы определения потребности растений в удобрениях по химическому анализу их сока. Сб: Агрохимические методы исследования почв. Под ред. А. В. Соколова, Д. Л. Аскинази и И. П. Сердобольского. Изд. 2-е. Изд. АН СССР, М.
- Максимов Н. А. 1948. Краткий курс физиологии растений. Сельхозгиз, М.
- Петербургский А. В. 1952. Практикум по агрохимии. Сельхозгиз, М. Сабинин Д. А. 1940. Минеральное питание растений. Изд. АН СССР, М.
- Сказкин Ф. Д., Е. И. Ловчиновская, Т. А. Красносельская, М. С. Миллер, В. В. Аникеев. 1953. Практикум по физиологии растений. Изд. «Советская наука», М.
- Соколов А. В. 1954. Вегетационный метод. В сб.: Агрохимические методы исследования почв. Под. ред. А. В. Соколова, Д. Л. Аскинази и И. П. Сердобольского. Изд. 2-е. Изд. АН СССР, М.

- Соколов А. В. 1955. Определение усвояемости фосфатов почвы и удобрений при помощи радиоактивного изотопа фосфора. Докл. сов. делег. на Междунар. конфер. по мирн. использ. атомной энергии, Изд. АН СССР, М.
- Соколов А. В., А. И. Ахромейко и В. Н. Панфилов. 1933. Вегетационный метод. Сельхозгиз, М.
- Соколов А. В. и И. П. Сердобольский. 1954. Методика применения «меченых» атомов при агрохимических исследованиях. В сб.: Агрохимические методы исследования почв. Под. ред. А. В. Соколова, Д. Л. Аскинази и И. П. Сердобольского. Изд. 2-е. Изд. АН СССР, М.
- Спинкс Дж. В. П. 1955. Использование изотопов для изучения специальных проблем в сельском хозяйстве и лесоводстве. Сб.: Применение радиоактивных изотопов в промышленности, медицине и сельском хозяйстве. Докл. иностр. учен. на Междунар. конфер. по мирн. использ. атомной энергии Изд. АН СССР, М.
- Спицин В. И., Б. Н. Кодочигов, М. М. Голутвина, А. Ф. Кузина, З. А. Соколова. 1955. Методы работы с применением радиоактивных индикаторов. Изд. АН СССР, М.
- Hunter A. S. and O. Y. Kelley. 1946a. The extension of plant roots into dry soil. Plant Physiology, vol. 21, № 4.
- Hunter A. S. and O. Y. Kelley. 1946b. A new technique for studying the absorption of moisture and nutrients from soil by plant roots. Soil Science, vol. 62, № 6.
- Ulrich A., L. Jacobson, R. Overstreet. 1947. Use of radioactive phosphorus in a study of the availability of phuphorus to grape vines under field conditions. Soil. Science, vol. 64, № 17.
- Walter H. 1950. Die Grundlagen des Pflanzenlebens und ihre Bedeutung für den Menschen. Einführung in die allgemeine Botanik für Studierenden der Hochschulen, Bd. 1. 3. Aufl. Stuttgart.

地植物学研究时的植物区系研究

А. И. 托尔馬却夫 (Толмачев)

(苏联科学院植物研究所地植物学組)

植被是由属于不同种的植物組成的。一定区域(地区、区)所固有的各个种的总体就是該区域的植物区系¹⁾。区系的种类組成虽然与生态条件有一定的依賴性,生态条件的影响直接表現在植被的外貌和植物群落的結构上,但同时它却是在长时間內逐漸发展起来的历史形成物。区系組成的历史制約性,即区系組成对一定植物类群和具体种的地理发生和年龄、对它們在过去时代經常在与現代很不相同的条件影响下的迁移过程的依存性,具有头等重要的意义。一个区域的区系組成并不是現代条件影响的直接反映,而且在一定程度上是与这些影响无关的。由于这个原因,就反映这些条件而言,植被的許多可动特点——植物群落的結构、它們的动态等等——都不能看作是生存条件的简单函数;除生存条件外,它們还取决于历史上形成的区系組成。

比喻地說,現代植被是通过各該环境中历史上形成的区系的植物界現代生存条件的反映。由于这个原因,有时甚至植物群落²⁾性质中的重大差异可能不是同样地既是不同地域的区系特点的反映,又是植被发育条件的差异上。例如,把薩哈林島(庫頁島)的植被与北海道島的植被相比較,就可以深信,在薩哈林島的中度沼泽化低地的条件中,广泛分布的是具有喇叭茶(Ledum macro-

¹⁾ 以下簡称区系。——譯者注

在本文中 "Растительная группировка" 应譯作 "群落" 而不应譯作 "群聚"。 ——校者注

phyllum)、紫萁(Osmunda cinnamomea)、苔草(Carex Middendorf-fii) 以及許多其它植物的植丛的由兴安落叶松所組成的疏林。在北海道,相应的植物則与云杉 (Picea Glehnii) 相結合,后者在薩哈林島的沼泽化喇叭茶落叶松林所适应的类似生境中則形成稀疏立木。

在上述情况下,显然,Picea Glehnii 的分布北界取决于現代的气候条件。但是,在北海道和薩哈林島最南部沒有落叶松可能是由于它迁居得比較晚,也就是說,是取决于历史原因,而不是取决于現在的自然地理条件。

在外旪尼塞森林冻原(Заенисейская лесотундра),森林的极地界綫"跳跃式"地(約跳緯度 1°)向北推移幷不是自然环境的显著变化所引起的,而是因为在叶尼塞地区生长的西伯利亚落叶松(Larix sibirica)被另一种落叶松——对森林冻原的严寒气候条件有較大抵抗力的兴安落叶松(L. dahurica)所代替。

当研究生草丛苔草丛生的沼泽化草甸和牧場时,地植物学家常常发現苔草有显然不同的經济价值:有时牲口或多或少比較喜欢吃苔草,但有时却毫不过問地繞过去了,各个地段的自然条件性质不能解释这种現象。对苔草进行仔細的研究就可揭示:这里有不同的,虽然在形态和生态上相近的,但在飼料方面价值不相等的种。了解这些种是对飼料用地进行正确品质鑑定的必要前提。在研究以拂子茅、剪股穎以及其它禾草占优势的草甸时也有这样的情况。

所有类似的事实說明了一个总的原理: 地植物学家只有很清楚地了解在自己工作过程中所遇到的植物种,即了解研究地区或区域的区系的系統組成,才有可能正确地理解任何地区或区域的植被特性、植物群落与它們的发育条件之間的相互关系、具体植物群落的生产价值。不言而喻,这对于树木区系、对于有花草本植物、对于蕨类植物、对于植物界的其它代表、特别是对于在苏联植被的組成中起重大作用的苔蘚和地衣,都是同样的。

在一定的情况下, 进行地植物学研究的地方的地方区系如果

研究得比較好,将使工作容易进行¹⁾。 有关于当地区 系 的 汇 編 (所謂"植物志")、植物检索表,在最低限度的情况下,即使是一定 地方的植物种名录,都能大大地减輕地植物学家的劳动。但是,必 須記住,应該把这些文献的存在看作只是有利于认識在地植物方面进行研究的那个地方的区系的一个条件,絕对不是削弱亲自掌握有关区系組成的知識的必要性。

同时,如果认为:苏联領土随便多大的部分(包括列宁格勒州和莫斯科州这样的地方在內!)的植物区系已經得到了彻底全面的研究,从而补充区系組成的資料、特別是关于植物种分布詳情的資料已成了多余,那么便大錯而特錯了。至于苏联的大部分領土,其区系的研究程度不够則是明显的事实。因此,在絕大多数的情况下,对野外地植物学家来說,区系的研究不仅是保証他正确理解所研究的植被的手段,并且(虽然是順带完成的)一般的說,作为提高我們对我国区系知識水平的手段,也具有一定自給自足的意义。

目前,地植物学工作是苏联各个研究得很少的地区的植物学研究的一种最常用方式,而专門的区系野外調查在有限的范围内进行,并且远不是到处都进行。而且,毫无疑义,这并不是很快就会过去的情况,因为苏联熟练的分类-区系学家干部不多(特别是与辽闊的研究得很少的地区相比較时),而实践的要求証明优先发展野外地植物学工作是正确的。

因此,地植物学家在許多情况下不能不同时担任他所研究的地域的第一个区系研究者的角色。一方面,作为他的主要工作(地植物学工作)的支援这是必要的;另一方面,他在这方面(区系的)的工作也是对苏联植物区系組成清查这一共同事业的供献,而且可以訂正关于苏联境内植物分布和它們与一定生长条件的联系方面的知識。事实的这一方面是不应該低估的。在这方面, И. М. 克拉舍宁尼科夫(Крашенинников)在前烏拉尔地区和哈薩克斯

¹⁾ 这首先是因为: 俄罗斯領土的植物学研究在过去主要是以研究 区 系,也就是查明植被的系統組成的形式进行的。在一定阶段,苏联的区系研究(也和其它国家一样)是远远超过了地植物学的工作,后者仅仅在本世紀才得到比較广泛的发展。

坦以及 Б. Н. 戈罗德科夫(Городков)在极北地区进行的、基本上属于地植物学性质的研究工作值得一提,他們的工作对于了解苏联研究得很少的、特別是难以到达的地区的区系也提供了非常有价值的資料。

在編写植物群落的記載的过程中登記植物种是研究区系种类組成的方式之一。当然,只有真正全面地登記了生长在記載地段的植物种(那怕是发現很少或只有个別个体)的条件下,它才是有效的。然而,在地植物学記載时所登記的植物种的总体,不管記載是多么仔細,实际上有时还不能与整个区系的組成相符合。問題在于,許多种适应于在景观中起着极其次要的作用,并且从地植物学观点看来只有有限意义的生境中。同时,往往正是在这样的"次要"生境(例如倒石堆,未完全生草化的斜坡,石崖和小丘),种的重复出現度远不是完备的,而在这些地段所作的記載的数目由于可以理解的原因也是不大。显然,在野外条件下准确地辨认那些往往不大注目而可能偶然放过的植物的困难性也起着一定的作用。最后,即使是有經驗的区系学家在野外工作过程中也常碰到他所不知道的某些植物。不言而喻,在地植物学家的实践中这种情况是較多的,而在一定的属具有一系列相近的、彼此相象的种的地方,在野外条件下不认識的植物的数目就不可避免地增多。

由于这个原因,即使不把闡明区系組成作为自己的特殊任务, 采集标本也是野外地植物学家的必要工作之一。标本的随后整理 可保証訂正野外的鑑定和有助于采集者深入掌握区系知識,当他 在研究地域进行工作时,这特別重要。

在进行标本采集时,当然,植物学家应特别注意被采植物的特征,而这常常导致辨认出在一般地植物学記載中容易放过的种,并可以减少在另外的情况下容易彼此混淆的相近种的数量。研究者一次辨别了它們的差别,以后就会习惯于一看便可把它們区别出来。因此,还在野外地植物学工作时采集标本就开始表現出有利的影响。

区系标本应尽可能完备。仅仅采集对一定植物群落常見的,特征的植物(虽然,从狭隘的地植物学观点看,它們是富有特殊兴趣的);忽視植被的"次要成分"¹⁾,并且反对采集最普通的、平凡的、事先就认为它們已很好地知道的²⁾种的标本;和集中注意于稀見的植物都是同样錯誤的。

在第一种情况下,我們便是人为地縮小詳細研究的范围和冒险地簡化,驟看似乎是一致的植被的鑑定。在第二种情况下——我們便可能处于难堪的地位;原来以为是足够了解的和沒有爭論的植物实际上却还需要詳細的研究。例如对于采集象 Empetrum nigrum (S. L.)、Caltha palustris (S. L.)、Cardamine pratensis (S. L.)、Ledum palustre (S. L.)以及許多其它的"平凡植物"的标本的重視不够,沒有疑問,这就是妨碍較深入地研究亲緣相近的种的相应組,因而也妨碍較深入地研究它們之中每一个在植被结构中的真实作用的障碍之一。还可能发生这样的情况,在一定区系的組成中某些种沒有被揭露出来,在走馬看花的过程中,把它們与其它的,被认为如此普通以致于对于采集它們不給予任何注意的植物混淆起来。例如对于經常与普通的 Eriophorum vaginatum 混生的羊胡子草的某些北方种就曾經有过这样的情况。

可是,如果說在进行区系本身的研究时采集标本是主要的工作过程,而且占用植物学家大部分工作时間的話,那么,地植物学家所面临的是另外的,与完成植物群落的記載相联系的任务。因此,在自己的綜合工作中起輔助作用的采集标本的繁重工作就往往好象成了一种絆脚石。由此可見,合理限制采集标本的工作量是必要的。应該預先避免从各处采集一切标本的企图,因为在实践中这是不可能实現的。

¹⁾ 順便指出,在結构近似的一些植物群落中,存在(或缺乏)个别在結构中起非常次要作用的种有时恰巧更好地反应了这些群落环境的某些差别。

²⁾ 在我們的标本室中,这些种的資料的常常公认的不足就是 經 常忽視采集那些在 鑑定时不引起怀疑的普通植物的后果。 当較詳細地研究相应种的地理分布或变 异性时,这有时可成为专家們工作的严重障碍。

正确安排采集时間对标本采集工作的效果有很大的意义。沿全部考察路綫或多或少均匀地采集份数不多的植物初看可能觉得很方便:在进行其它工作时順便采集标本所費时間不多,同时标本的数量将逐漸地和不断地增加。但是在科学方面,这样組織工作是不合适的:沿途的慌忙采集多少总是带有偶然性质,根据这些标本的总体不仅不能得出关于所研究地域的区系的完整概念,而且也不可能有根据地判断这些标本說明問題的不完备程度。

預先进行筹划——在什么地方和什么时候进行标本采集的主要工作。进行这步工作后就可大大减輕地植物学家在其余时間采集标本的負担——可以保証提高采集标本的地植物学家的工作效率。在其它条件相同的情况下,主要在地植物学家逗留得比較久的地方(詳細地进行植被記載的半定位工作区;从那里出发到各个方向进行輕裝路綫調查的"宿营基地"区,等等)采集标本是比較好的。通常,在这些条件中較易为采集标本分出較多的时間,較易保証所采植物的及时制作整理和属于它們的紀录的完整性、干制采集材料的良好条件。但是最主要的是,在这种情况下,可以保証很好地弄明白区系成分在不同生境的分布和可以较全面地闡明区系的組成。

通常,在詳細地研究調查地域不大地段上的区系的时候,我們 认識它的区系的絕大部分种类組成;当然更不用說,在植被基本特 点一致和所选地段对于整个地域(或对該地域的这个或那个頗大 部分)有足够代表性的情况下了。在过渡到具有細节不同的条件 的区域时,我們經常遇到的多半是同一个种的另一样的分布,它們 的頻度,在一定植物群落結构中的作用的变化等等。区系組成本 身的变化在这种情况下可能不大。同时,如果地域的"控制"地段 的区系材料搜集得很全面,那么,我們就只用补充适当数量的"新 种"标本,而不必力求广泛搜集补充材料了。

在随同主要地植物学工作进行野外区系調查时,建議以主要注意力去查明(和以蜡叶标本形式作凭据)的植物种的总体符合于具体或单元区系(конкретная или элементарная флора)的概念

(Толмачев, 1931, 1932, 1935, 1941)。这就是一般地理条件相当一致的,但其中包括一切能設想到的各种各样而有某种重复的具体生境类型的小块完整地域的区系¹⁾。

事先为各种情况确定:可以称为"具体区系分布区"(ареал конкретной флоры) 的地段的面积应該有多大——这是不可能的。无疑地,在不同情况下应該有不同的面积。現在对于我們有重要意义的是可以在实践中应用,考虑到被研究区域的特性而确定的那些一般标准²⁾。

由于所有植物种都适应于一定的生境条件,因此,从视野中漏掉任何生境类型都将是区系組成登記必然不完备的原因。如果調查包括了每一个新的生境类型,将不可避免地导致被計算的植物种数量的显著增加。实际上,如果最初就統計在某种非常有限的空間內出現的植物种的总体,那么,越出这个空間范围和认識每一个新的群丛都将使这个数量增大。

这时,区系名录好象受了推力似地增加——每一个具有 特 殊 成分的新的群丛都以整系列的种来增大名录,于是区系名录就較 迅速地得到扩充。多次地調查同一个还沒有总的成分名录的群丛 的不同地段时也可获得这样的效果。

但是,到一定时候,研究区区系名录即停止随該区边界的扩大 的增加,或增加亦是极其有限。研究面积扩充到两倍或三倍已看 不到在区系方面的效果。重复巡查已調查过的地方就发現区系新 种来說也成了"徒劳无益"。这也可以作为下列情况的标准,即为

¹⁾ 某种重复之所以需要是因为: 单独地取出的群丛或一般生境地段有时不是作为 該群丛或生境类型特征的全套植物种的集中点。

²⁾ В. Б. 索恰瓦 (Сочава, 1932) 建議把单元地植物区的区系 (флора элементарного геоботанического района)作为具体(单元)区系。理論上这种相互联系是不一定的。但是,作为确定应把什么看作具体区系的实际标准,这种处理方法在任何情况下都可以同意。在許多情况下,为了完全地闡明具体区系的組成,可以只仔細地研究单元地植物区的某些部分就够了。 当某些地区的地植物学研究把进行詳細地植物区划作为任务之一时,应特别考虑 В. Б. 索恰瓦的这个意见。

了形成关于該具体区系組成的完整概念在区系方面进行研究的面积要多大才能足够。在考察調查的情况下,一般很难說到这一或那一区系組成的絕对完全的闡明。实际上,我們与之打交道的只是对于它的完备統計的不同的接近程度。但当区系組成研究达到一定深度时,依靠新发現的种来进一步补充名录的可能性是极其有限的,以致在实践中对它們可以加以忽略(对于在比較广泛的意义上了解区系沒有重大害处)。

当然,在具有很长生长期的地区工作时,只有研究者长久地住在那里,或在不同时間反复地跑到那里去采集标本才能保証区系統計的完整性。

因此,在不同景观条件下进行較詳細的区系調查应該有不同的計划。例如,在极北地区,在中夏时节(那时,发育較迟的植物也已出現,而发育較早的植物还完全适合于采集标本)調查某一个区就够了。在闆叶林地带,在草原区或荒漠,就必须在生长季的不同时期进行工作。

根据过去工作的經驗,可以对不同条件規定为了足够完全地 闡明区系組成所必須調查的面积的具体大小。例如,从苏联北极 地区的工作实践可以得出結論,統計出現于离考察基地半径为 10 公里范围內的植物种,对研究具体区系的組成来說已經足够。确 实,离控制基地的距离較远在所有条件下都可能是我們見到的植 物种数量进一步有某些增加的原因。但是应該区分,区系名录的 增加是依靠該(具体)区系成分闡明的完备,还是依靠区系組成在 空間上发生的变化;因为如果越过了不同种的分布区边界(即它們 分布的地理范围本身),那么,我們碰到的已經是第二种現象,也就 是較广闊空間內区系組成不均一性的表現了。由于这个原因,无 論"基本控制"地段的区系研究得多么詳細,采集补充它的植物种 标本永远是必要的,如果考察路綫远离这一地段的話。

为了便于在野外条件下进行区系調查,在出发工作之前根据 文献中的現有資料編制在工作区可能遇到的植物的初步名录是非 常有益的。如果要进行工作的州或边区已有印刷的区系概要,就 不必特別編写名录了,但仍然应想个办法在概要中标出那些在該 区可能存在的种。順便說明一下,在絕大多数的情况下,相对完备 的区系名录只包括"維管植物区系"。要获得苔蘚和地衣区系的相 应概要在大多数地区是不可能的。因此,凭經驗采集眼睛看到的 植物仍然是唯一可能的途径。

在个别情况下,現有的文献不能为自力編制初步区系名录提供足够的依据,就可以請教于有經驗的区系学家,他可以提醒我們,在将要研究的区系的組成中可能有哪些种。这时,不必着急于特別指靠这样的預断。在所有情况下,手头拥有可能是到的种的即使是非常近似的名录也是有用的。

研究者应在工作地点自己編制在一定程度上作为自己检查工具的另一个名录。在这个名录中記录在工作区域所見到的全部植物种(研究者所不认識的植物可予以近似的鑑定或給予假定的名称),当植物的样品是为标本室而采集时,則应在采集种的名称下面划上重綫或在名称旁边作某种記号。这样的名录帮助我們了解,区系組成已闡明到什么程度(相应于維管植物的这样的了解目标是区系种的数目——見下面),同时避免有时在采集标本时偶然的令人遺憾的疏忽。

生长在这一或那一区域的維管植物种的数量在大多数情况下,即使是在区系方面研究得很少的地域,都可相当准确地預計出来,因为这样的数字是从属于一定的地理規律的。比較熟悉这一或那一地区的自然情况的区系学家可以預先指出在这一或那一具体区域中能够登記到的維管植物的大致种数。相应的"控制数字"可以作为地植物学家的方向标,根据它,可以判断他对所研究的区系的观察和采集已完全到什么程度。当然,不能談論这样的"控制数字"的准确性,因为决定着尚未研究的区系組成特性的許多情况誰也不知道。但是,知道野外編制的名录中的种数是否接近預期的种数,也就是說知道在該具体情况下区系組成的闡明已达到了何种完全程度,这在任何情况下都是有益的。

实际上, 区系种类組成的完全闡明只有在对該地方进行了长

期的和很仔細的研究之后,才有可能办到。而在事实上,在进行地植物学研究时这又往往不能实現。因此,在野外地植物学工作的过程中,大都只能滿足于比較完全的区系統計。正因为如此,重要的是能够近似地估計一下:我們已經查明了区系的可能組成的多少分量。考虑到闡明許多稀有种和少見种的困难性,可以认为,如果統計的种已占可能种数的75—80%时,那么,区系名录的进一步补充就可能大大地减緩。但是,在統計到每一个区系的种类組成的是一等时,就可得出一个关于它的性质的相对完整的概念,滿足于可能进行地植物学研究的植物学家們提出的,实际上可以实现的要求了。

考虑到一定的結果应該在尽可能节省力量和时間的情况下达到,事先确定有关工作的組織形式是很重要的。如果在地植物队的組成中沒有主要負責区系部分工作的专家,那么,在进行地植物学記載时順便采集大部分标本則是不可避免的。

然而,为了节省用于区系工作的时間,最好在詳細調查的区域 专門划分出一定的采集标本的时間。

首先,必須在基地(营地)附近采集所有能采集到的标本。任何蒐集工作的共同原則都是:自己近旁生长的东西不要从远方采来。应該預先减輕自己在远途旅行时采集那些在基地附近生长的植物的重担。这样,标本质量也可以得到保証,因为采集、整理和于制标本之間的时間可以縮短到最低限度。

如实践所表明:往往在离考察营地不过 1—2 公 里 的范围内 就可采到很大部分在全区可見到的植物种。在远途路綫調查中只 应采集那些真正要从远处带回的植物。

在一定地域进行或多或少較长时間的工作时則是另一回事了——在那里逗留的头几天就应力求进行最大限度的采集工作。这样可以保証最好地搜集那些在工作开始时处于晚期发育阶段的而且再往后就可能"调落"的植物种。但是最主要的是,这样的組織在純粹技术方面有很大的优越性。好的区系文件的必要条件——不仅是采集得很好的,而且是干制得很好的标本。如果标本

大都是在一定地点在工作的头几天采集的,那么到那里的工作結束时,許多标本已經干好或者很快就要干了,以后的照顾标本的工作就可将减到最低限度。在相反的情况下,就不得不带着要求天天换纸的蒐集物而离开长时停留的地方;途中将有許多照管工作,而且很难保証标本有很好的技术质量。如果停留在邮政方便的地方,干标本可以邮寄到有关的研究所,这就可大大减輕考察队要經常照管大件行李的負担。

在营地附近取得所有可以采集到的标本之后,在較远途的旅行时应集中注意力采集那些在营地周围沒有看到的植物。区系名录随时加以补充,而新发現植物的数量就漸漸减少。最后,当群丛的重复記載只不过是重复以前已經登記过的它們的成分紀录时,当沒有新的群丛出現时,而植物种的总数已接近于理論上預期的种数时,那就可以认为区域区系(具体区系)組成的闡明工作已告結束。順便說一下,上述标准的最后一个目前只适用于区系中的維管植物,因为其它植物类群的种数的分布現在还研究得极其不够。同时,对非专家来說,在野外条件下认識許多种地衣以及特别是苔蘚的困难迫使他在大多数情况下完全凭經驗来采集它們,目的只是不錯过那些区别于作为这些或那些植物群落的特征的其它型式和种的植物。

研究了某一区域的具体区系以后,仿佛就得到了进一步工作 依靠的标准。在进行远途路綫調查时,主要注意力应集中于采集 那些在控制区沒有采集到的,因而能表明与这一研究得較多的地 区区系的差别的植物。

遺憾的是:在路綫調查工作中,可以有把握地确定的只是这一或那一地方的区系与了解得較清楚的地方的正差 (положительное отличие) (具有在控制区所沒有的种)。除了調查的是 极 其特征的植物(例如,在基本上无林地段条件下的乔木树种)外,只有在詳細研究的过程中,才能統計出負差 (отрицательное отличие)(完全缺乏这些或那些种)。

区系組成在空間上的变化不是均一的, 在不同的区域和地区

具有不同的速度;随着地方条件的不同,作为标准的具体区系研究結果的"适用范围",有时較广,有时較窄。在研究地域的或多或少彼此远离部分的两个具体区系的平行(或循序)研究,不仅为比較一区系的(сравнительно-флористический)对比提供有意义的材料,而且也能为有根据地判断所获得的結果对周围地域以及特別是对两个經詳細研究的地段之間的中間地域的适用性程度提供有意义的材料。甚至在缺少經驗資料的情况下也可能相当准确地預見它的区系的許多特性。

如果是一个分成若干独立小队的大集体来进行广闊地域的植被研究,那么,为了要对整个来說获得便于闡明整个地域的区系的合理分布的控制地段网,預先确定每一个小队应作詳細研究的地段可能有很大好处。完成这种工作不但可保証地域的地植物学記載有坚实的区系基础,而且在积累有充分价值的資料以便判断苏联研究得很少的地区的区系方面也起着很大的作用。

在許多广泛流行的专門指南中十分全面地討論了采集和干制 植物的技术方法。提醒一下,掌握这些方法对于每一个地植物学 家是絕对需要的。此外,我們談談特別与地植物学研究过程中进 行区系采集有关的若干問題。

在地植物学家采集的标本中常常出現所謂副号标本 (c6op-Hbli JIUCT)——为了訂正鑑定而在記載这一或那一植物群落时采 来的个別植物标本的各种各样的副分。这些标本頁中的材料往往 是片断的和未經正确制作的。进行这样的采集的必要性很明显:在 許多情况下,这些标本是校正和补充有关紀录的唯一工具。不难 理解,采集这样的材料常常进行得很仓促,它們在区系本身方面的 价值是有限的,特別是由于它們的片断性和往往保存得不好。但 是,如果这些副号标本是用来补充按全部規定采集的植物标本的, 那么,区系-分类学家将乐意去审查和鑑定副号标本的材料。只有 根据它們,才有可能对属于較难准确鑑定的类群的材料的分类学 属性作出正确可靠結論。专家根据采集得很好的材料熟悉了区系 的种类組成,进一步就可以不动搖地鑑定那些沒有遵照标准的技 术要求所采集的标本了。因此,必須旣把采集材料与地植物学記 載結合起来,也作为研究区域区系組成的充分有价值的(在科学方 面和在技术方面)反映的"依据"标本。

細心地对待标本的标签有重大意义。地植物学家們抱怨現有 的区系指南("植物志")极不完全地和极粗放地反映关于大多数植 物种的生长条件的資料是应該的。甚至在現代的一些汇編中常常 还会出現这样的指示。某一个种生长"在森林中"、"在河谷中"、 "在斜坡上"、"沿鉄路的路堤上"等等。从地植物学的观点看来,这 样的指示令人滿足到什么程度,是不需要說明的。这种情况的存 在不仅仅要归罪于分类学家对他們所研究的种的生物学資料和专 門的地植物学資料重視不够,很多情况也是由于标本上标签一 原始紀录上的相应資料不完备, 而分类学家是依靠这些紀录来判 断他們所研究的种的地理分布和生长条件的。因此,为了改善区 系著作中对植物的生物学和群落学联系的闡述, 必須在标本的标 签上以必要的詳細和准确填上相应的資料。很遺憾,就是地植物 学家本人也往往忽略这一点。然而, 正是在进行植被記載时順便 采集标本的地植物学家有可能准确地評述这一或那一植物种生长 的条件。最好在基本("依据")标本貼标签时就作到这一点。应在 附属于每一个种的标本的标签上不仅写明地理地点和生境的地形 性质(例如某种坡向的斜坡),而且也写明在其中采集标本的植物 群从。如果补充写上,在該地方所記載的种一般出現 干 什 么 条 件,那就更好了。

我們會經强調过正是在标本的标签上填写这些資料的重要性。当然,它們在地植物学記載中的存在也能巩固相应的知識。但是,照例,只有直接整理这些蒐集物的区系学家才利用这些記載。遺憾的是,与多年积累的关于每一个种的广泛資料打交道的綜合区系著作的作者并不研究专門的地植物学文献,在档案室保存的(在較好的情况下!)原始地植物学記載就更不用說了。他們在自己的植物种生长条件的評述中,基本上依靠标本标签上的資料。当批判地审查植物鑑定时(由于分类学領域內知識的加深),依靠

标本的标签成为唯一的方法,因为不能不认为,只有"系在"具体标本上的指示是完全可以信賴的。

地植物学家在附属于植被記載的副号标本 中 搜 集 补充材料时,常常局限于注出副号标本所属記載的編号。在野外条件下这是可以同意的。但是在将材料交給专家审查时,应該供給他們謄清的标签。在上面,无論是地形适应性方面或者是群丛命名方面(或一般地說地段的这种或那种評定),都要清楚地写出記載編号。

无論如何都不能忽視在标签上写出采集日期¹⁾。日期可說明被采集植物的一定状态所从属的时間。采集人的签名,特別是有不同的人参加了采集工作时,决不是无聊的形式主义。应該記住:标本的标签(也象植物标本一样)是长期保存的文件,就是将来,对如何和在甚么情况下曾經进行过我們今天正在进行的那种植物学調查沒有任何概念的人,可能要象对待文献一样来对待这些标签。

最后,应該防止不合理地在野外花費时間来給某些植物的草稿标签填写一般性质的資料,例如:考察队或組織机关的名称,在其領土上进行調查的加盟共和国等等。所有这些資料应反映在印刷的空白标签上。当整理标本时,所有紀录都将謄到这种空白标签上去。在野外工作过程中,必須集中全部注意于准确地填写象地理地点、生境、采集日期等等这样的一些不能"搬出括弧以外"的資料。

(李 恒譯,陈昌篤校)

参考文献

1. 文中引用的著作

Сочава В. Б. 1932. Высокогорная флора Дуссе-Алиня. Ботан. журн., т. 17, № 2.

Толмачев А. И. 1931. Қ методике сравнительно-флористических исследований. Понятие о флоре в сравнительной флористике. Ботан.

¹⁾ 写采集日期时,务必把年、月、日都写全。人們有时把年忽略掉,但是,有时因与 采集人无关的某种原因而耽誤了謄清标本的标签时,沒有采集年的材料将引起 許多困难,而有时甚至造成錯誤。

журн., т. 16, № 1.

Толмачев А. И. 1932, 1935. Флора центральной части Восточного Таймыра, I—III. Тр. Полярн. ком., вып. 8 и 13 (1932), 25 (1935).

Толмачев А. И. 1941. О количественной характеристике флор и флористических областей. Тр. Сев. базы АН СССР, вып. 8.

2. 标本采集指南

Бединггауз М. П. 1952. Засушивание растений с сохранением естественной окраски. Учпедгиз, М.

Программы и наставления для наблюдений и собирания коллекций по естественной истории. 1913. Изд. 7-е, СПб.

Ростовцев С. 1908. Как составлять гербарий. Изд. 6-е, М.

Сюзев П. В. 1949. Гербарий. Руководство к собранию и засушиванию растений для гербария и составлению флористических коллекций. Изд. 7-е, перераб. и дополн. А. Н. Бухгеймом. Изд. Моск. общ. испыт. прир., М.

Талиев В. И. 1900. Руководство к сознательной гербаризации и ботаническим наблюдениям. СПб.

Шишкин Б. К. 1941. Қак составлять гербарий. Изд. 2-е. Изд. АН СССР, М.—Л.

Перфильев И. А. 1919. Как собирать и сушить растение для гербария. Вологда.

3. 了解苏联和苏联各部分区系的参考书

包括有关州(边区,加盟共和国)或較广地区的区系資料的任何汇編性著作都可以作为了解研究地域区系的参考书。对于野外工作最方便的是植物检索表,因为它們比較紧凑和沒有繁瑣的細节。多卷的专著性汇編(所謂"植物志")虽然由于有詳細的植物描述,可保証鑑定的最大准确性,但由于篇幅很大,只适合于室內应用。区系概要虽不能直接作为鑑定植物的参考书,但是提供了关于該地方可能存在哪些植物的概念,因而实际上大大破輕了鑑定工作。

在野外工作条件下,迅速了解資料有特別的意义,这时,利用关于或多或少有限地域的区系的汇編性著作比較方便。它們沒有那些繁多的,在研究調查区区系时无直接意义的資料。因此,在其它条件相同的条件下,利用各个地区的检索表或"植物志"比利用更广泛类型的汇编更为方便。例如,研究阿塞拜疆地域的区系时,就可利用"苏联植物志"、"高加索植物志"和"阿塞拜疆植物志"。后者的优点是:其中所描写的仅仅是在該共和国境內所能見到的植物,沒有关于許多不长在該共和国范围以內的植物种的資料。根据它,很容易准确地鑑定在阿塞拜疆所采集的植物。但是,举例来說,如果是鑑定阿普歇伦半島的植物,那么可以更加有效地利用現有的"阿普歇伦植物志",因为它的全部內容对于这工作都有直接的意义。

因为許多加盟共和国和州都沒有自己本地区系的汇編性著作,有时就不 能不利用相邻各州的区系参考书。这样也就不能保証把所有采得的資料都鑑定出来,但能保証它的大部分足够准确地被鑑定。 例如在卡累利自治共和国进行工作时,可以非常有效地利用"北方边区植物志"。为了初步了解,还可利用"列宁格勒州植物志"和"穆尔曼州植

物志"已出版的各卷。如果我們拥有一定地域的区系概要,在利用专为当地編制的检索 表的情况下,查閱它們可得到很大的帮助。

下面,我們列举了現代(革命后出版的)文献中所有的植物检索表(一部分也象大型的汇編一样,叫作("植物志"),具有詳細描述材料的专著性汇編以及在一定地域上登記到的植物种概述而沒有它們的描述的区系压縮概要。

(1) 有詳細植物描述的区系汇編

- Вульф Е. В. 1927—1953. Флора Крыма. Т. І, вып. 1—1927, вып. 2—1929, вып. 3.—1930, изд. Гос. Никитск. ботан. сада; вып. 4.—1951 (злаки), Сельхозгиз, М. Т. ІІ, вып. 1—1947, Сельхозгиз, М.; вып. 3—1953, изд. «Советская наука», М.
- Гроссгейм А. А. 1939—1952. Флора Кавказа, тт. І—V. Изд. 2-е. Тт. І— ІІІ—изд. АН АзССР, тт. ІV и V—изд. АН СССР.
- Карягин И. И. 1952. Флора Апшерона. Изд. АН АзССР, Баку.
- Колаковский А. А. 1938—1949. Флора Абхазии, тт. I—IV. Сухуми. Т. І, 1938, изд. инст. абх. культуры; т. ІІ, 1939, изд. Абх. инст. ист. и яз., т. ІІІ, 1948, АбГИЗ; т. ІV, 1949, АбГИЗ.
- Комаров В. Л. 1901—1907. Флора Маньчжурии, тт. І—ІІІ. Тр. СПб. ботан. сада, тт. XX, XXII и XXV. См. также: Избр. соч., тт. ІІІ—V. 1949, 1950. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Комаров В. Л. 1927—1930. Флора полуострова Камчатки, I—III. Изд. АН СССР, Л. См. также: Избр. соч., тт. VII и VIII. 1951. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Крылов П. Н. 1927—1949. Флора Западной Сибири, вып. I—XI. Изд. Томск. гос. унив. и Томск. общ. испыт. прир., Томск.
- Петров В. А. 1930. Флора Якутии, вып. 1. Изд. АН СССР, Л.
- Попов М. Г. 1957. Флора Средней Сибири, т. І. Изд. АН СССР, М.—Л. Флора Азербайджана, тт. І—VII. 1950—1957. Под ред. И. П. Қарягина. Изд. АН СССР, Баку.
- Флора Азиатской России, вып. I—III. 1923, 1924. Под ред. Б. А. Федченко. Изд. Гл. ботан. сада, Л.
- Флора Армении, тт. I и II. 1954, 1956. Под ред. А. Л. Тахтаджяна. Изд. АН Арм ССР, Ереван.
- Флора БССР, тт. I—IV. 1949—1955. Под ред. Б. К. Шишкина. Изд. АН БССР, Минск.
- Флора Грузии, тт. I—VIII. 1941—1952. Под ред. А. К. Макашвили и Д. Н. Сосновского. Изд. АН ГрузССР, Тбилиси. (На груз. яз.).
- Флора Забайкалья, вып. I—VI. 1929—1954. Под ред. Б. А. Федченко, И. В. Палибина и Б. К. Шишкина, Изд. АН СССР, М.—Л.
- Флора Казахстана, тт. I и II. 1956, 1958. Под ред. Н. В. Павлова. Изд. АН КазССР, Алма-Ата.
- Флора Киргизской ССР. Определитель растений Киргизской ССР, тт. I— VII. 1950—1957. Под ред. А. И. Введенского и Б. К. Шишкина.

Изд. АН КиргССР, Фрунзе.

Флора Ленинградской области, тт. I и II. 1953, 1956. Под ред. Б. К. Шишкина. Изд. Ленингр. гос. унив., Л.

Флора Мурманской области, тт. I—III. 1953—1956. Под ред. Б. Н. Городкова и А. И. Поярковой. Изд. АН СССР, М.—Л.

Флора Сибири и Дальнего Востока, вып. 1—6. 1913—1931. Изд. Ботан. музея АН СССР, Л.

Флора СССР, тт. I—XXV. 1934—1959. Под ред. В. Л. Комарова и Б. К. Шишкина. Изд. АН СССР, М.—Л.

Флора Таджикистана. Изд. АН СССР, М.—Л., Т. 1, 1957, под ред. П. Н. Овчинникова; т. 5, 1947, под ред. В. Л. Комарова.

Флора Туркмении, тт. I—VI. 1932—1954. Под ред. Б. А. Федченко, М. Г. Попова и Б. К. Шишкина. Изд. АН СССР и АН ТуркмССР, Л.

Флора Узбекистана, тт. I—III. 1941—1955. Под ред. Р. Р. Шредера, Е. П. Коровина и А. И. Введенского. Изд. АН УзССР, Ташкент.

Флора УССР, тт. I—VIII. 1938—1957. Под ред. О. В. Фоминой, Е. И. Бордзиловского и Д. К. Зерова. Изд. АН УССР, Киев. (На укр. яз.).

Флора юго-востока Европейской части СССР, вып. 1—6. 1927—1938. Под ред. Б. А. Федченко. Тр. Гл. ботан. сада, тт. XL и XLIII.

Eesti NSV Flora, тт. I и II. 1953, 1956. Под ред. А. Вага и К. Эйхвальда. Эст. гос. изд., Таллин. (На эст. яз.).

Latvijas RSR Flora, тт. I—III. 1953—1957. Под ред. П. Галеника. Латгосиздат, Рига. (На латышск. яз.).

(2) 植物检索表

Визначник квіткових та вищих споровых рослин УССР, т. І. 1935. Под ред. М. Лясковского. Держ. вид. с.-госп. лит. УРСР, Київ.

Визначник рослин УРСР. 1950. Под ред. М. В. Клокова. Держ. вид. с.-госп. лит. УРСР, Київ—Харьків.

Гейдеман Т. С. 1954. Определитель растений Молдавской ССР. Изд. АН СССР, М.—Л.

Говорухин В. С. 1937. Флора Урала. Обл. изд., Свердловск.

Григорьев Ю. С. 1953. Определитель растений окрестностей Сталинабада. Изд. АН СССР, М.—Л.

Гроссгейм А. А. 1949. Определитель растений Кавказа. Изд. «Советская наука», М.

Комаров В. Л. и Е. Н. Клобукова-Алисова. 1925. Малый определитель растений Дальневосточного края. Изд. «Книжное дело», Владивосток.

Комаров В. Л. и Е. Н. Клобукова-Алисова. 1931, 1932. Определитель растений Дальневосточного края, тт. I и II. Изд. АН СССР, Л.

Маевский П. Ф. 1954. Флора средней полосы Европейской части

- СССР. Изд. 8-е. Сельхозгиз, М.-Л.
- Невский М. Л. 1952. Флора Калининской области. Определитель покрытосеменных (цветочных) растений дикой флоры. Калининск. изд., Калинин.
- Определитель растений Апшерона. 1931. Под ред. А. А. Гроссгейма. Изд. Азернешр, Баку.
- Определитель растений окрестностей Ташкента, вып. I и II. 1923, 1924. Под ред. М. Г. Попова. Изд. Туркест. гос. унив., Ташкент.
- Перфильев И. А. 1934 и 1936. Флора Северного края, тт. I и II. Севкрайгиз, Архангельск.
- Станков С. С. и В. И. Талиев. 1957. Определитель высших растений Европейской части СССР. Изд. 2-е. Изд. «Советская наука», М.
- Флорова В. М. и Л. Г. Раменский. 1932. Определитель растений в нецветущем состоянии для средней части СССР. Гос. изд. с.-х. и колхозно-коопер. лит. М.—Л.

(3) 区系概述

- Васильев В. Н. 1957. Флора и палеогеография Командорских островов. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Воробьев Д. П. 1956. Материалы к флоре Курильских островов. Дальневост. фил. АН СССР, сер. ботан., т. III.
- Караваев М. Н. 1958. Конспект флоры Якутии. Изд. АН СССР, М.—Л. Лесков А. И. 1937. Флора Малоземельской тундры. Тр. Сев. базы АН СССР, вып. 2.
- Мишкин Б. А. 1953. Флора Хибинских гор, ее анализ и история. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Попов М. Г. 1949. Очерк растительности и флоры Карпат. Матер. к позн. фауны и флоры СССР, Отд. бот., нов. серия, вып. 5 (13). Изд. Моск. общ. испыт. прир., М.
- Соболевская К. А. 1953. Конспект флоры Тувы. Изд. АН СССР, Новосибирск.
- Толмачев А. И. 1931. Материалы для флоры европейских арктических островов. Журн. Ботан. общ., т. 16, № 5—6.
- Толмачев А. И. 1932, 1935. Флора центральной части Восточного Таймыра. Тр. Полярн. ком., вып. 8 и 13, 1932; вып. 25, 1935.
- Толмачев А. И. 1936. Обзор флоры Новой Земли. Arctica, т. 4.

(4) 苔藓区系和检索表

- Абрамова А. Л., К. И. Ладыженская, Л. И. Савич-Любицкая. 1954. Андреевые и бриевые мхи. В кн.: Флора споровых растений СССР, т. І. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Бротерус В. С. 1914—1931. Мхи Азиатской России (Bryales). Ч. 1 в

- кн.: Флора Азиатской России, вып. 4, 1914; ч. 2, там же, вып. 13, 1918; ч. 3 в: Тр. Ботан. сада АН СССР, т. 42, вып. 1, 1931.
- Зеров Д. К. 1935. Визначник сфагновых (торфовых) мохів Украіни. Видавн. Всеукраін. Акад. наук. Київ.
- Зеров Д. К. 1939. Визначник печіночных мохів УРСР. Видавн. АН УРСР, Київ.
- Корчагин А. А. и Л. И. Савич. 1949. Мохообразные (Bryophyta). Жизнь пресных вод, т. И. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Лазаренко А. С. 1936. Визначник листвяних мохів УРСР. Видавн. АН УРСР, Київ.
- Лазаренко А. С. 1936. Краткий определитель лиственных мхов Дальнего Востока. Дальневост. фил. АН СССР, Владивосток.
- Лазаренко А. С. 1951. Определитель лиственных мхов БССР. Изд. AH БССР, Минск.
- Лазаренко А. С. 1955. Определитель лиственных мхов Украины. Изд. 2-е. АН УССР, Киев.
- Савич Л. И. 1936. Сфагновые (торфяные) мхи Европейской части СССР. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Савич-Любицкая Л. И. 1952. Сфагновые (торфяные) мхи. В кн.: Флора споровых растений СССР, вып. 1. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Савич Л. И. и К. И. Ладыженская. 1936. Определитель печеночных мхов севера Европейской части СССР. Изд. АН СССР, М.—Л.

(5) 地衣区系和检索表

- Еленкин А. А. 1906—1911. Флора лишайников Средней России, ч. I—IV. Юрьев.
- Окснер А. М. 1937. Визначник лишайників УРСР. Видавн. АН УРСР, Київ.
- Окснер А. М. 1956. Флора лишайників України, т. І. Видавн. АН УРСР, Київ.
- Савич В. П. 1950. Подводные лишайники. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. II, Споровые растения, вып. 5.
- Томин М. П. 1936, 1938. Определитель лишайников БССР, т. I (1936), т. II (1938). Изд. АН БССР, Минск.
- Томин М. П. 1937. Определитель кустистых и листоватых лишайников СССР. Изд. АН БССР, Минск.
- Томин М. П. 1936. Определитель корковых лишайников Европейской части СССР (кроме крайнего севера и Крыма). Изд. АН БССР, Минск.

作为植物群落成分的大型真菌"的研究

Л. Н. 瓦西里耶娃 (Васильева)

(苏联科学院远东分院)

植物群落中的眞菌

在所有的植物地带和植物群系中,包括旱生及盐生的植物群系在內,都可以遇到真菌。他們甚至还生长在耕作土壤上,不过在森林群落中特別丰富。

A. A. 雅切夫斯基(1922)和 A. Π. 謝尼科夫(1943)曾写过关于研究作为植物群落成分的真菌的重要性。但是到目前为止,在苏联的文献中还很少报导有关植物群落中的真菌問題。因此,所收集到的有关作为植物群落成分的真菌資料,即使为数不多,只要是很正确,也都将具有很大的科学意义。

决定植物群落中填菌种类組成的各种因素,是和决定高等植物种类組成的因素一样,但是对于填菌来說,某些高等植物的存在往往具有决定性的意义,尤其是乔木树种,它們是填菌的营养来源。

真菌与高等植物不同之点是它們所有的营养部分(菌絲体), 一般是存在于基质的內部,从这里它們取得必需的营养物质。在 外面所露出的仅是它們的繁殖器官——子实体,这些子实体通常 称为蘑菇。不同种真菌的子实体,生存的时間是不同的。例如,某

¹⁾ 大型真菌是指能形成肉眼可見的子实体的所有高等担子菌和子囊菌。

些鬼命菌属(Coprinus)的子实体它們生存的时間是以几小时来計算,大多数种真菌的肉质子实体則能生长若干天,然后就开始腐烂,仅为数不多的、多半是属于多孔菌科的几种真菌具有干燥而坚硬的子实体,它們可以生长好几年。

由于真菌的营养体是隐藏于基质內部,如果沒有繁殖器官仅从菌絲体来判断,則真菌的种一般是不可能識別出来的,因此它們的存在和分布仅能按子实体的出現来判断。同时,还要考虑到它們的多度和季相,这两者都是由能大量形成子实体的种类所构成的。真菌的季相有时并不見得比高等植物少,例如:远东鹅膏菌(Amanita caesareoides)是火紅色,Laccaria amethystina是淡紫色的,辣乳菇(Lactarius piperatus)是白色的。某些种仅在春季形成子实体,另一些种是在夏季,还有些种是在秋季,而仅少数的种是在整个生长期都形成子实体;但是它們絕大多数的生存时間是不长的。真菌的出現时期是受着降雨季节的影响,而且每年都在变化着。很多种并不是每年都形成子实体。

在我国不同地区,真菌大量生长的季节也不相同。在森林地带多半是在秋季,而在中亚細亚的荒漠地区是在春季。

在不同的植物群落中,真菌种类的多样性是极不相同的。例如:在卡賛郊区的越橘云杉松林中,在 0.25 公頃的面积上會 遇有 130 种大型真菌,同时,它們的数量超过种子植物数量 6 倍以上。在地衣松树林內,在同样的面积上总共記載了 40 种真菌。在草本植物群丛中真菌区系还要貧乏。

在树木营养及森林土壤形成过程中, 真菌起着很重要的作用, 它們在那里分解着植物残体。

森林眞菌可分为两大类:一类是生长在土壤上的真菌,它們在土壤上形成所謂眞菌覆盖层(地上层片),另一类是生长在活树、枯立木、倒木、伐椿以及大的枯断树枝上的喜木质眞菌,它們是属于层外层片(树干、伐椿及其它的层片)。

属于真菌覆盖层的有残落物的分解菌、腐殖质的腐生菌、木本植物的京根菌、喜粪菌及其他种真菌。

菌根真菌把氮和磷供給与自己共生的木本植物。針叶树种(松树、西伯利亚松、云杉、冷杉、落叶松)以及某些闊叶树(橡树、山毛棒、樺树等),尤其是在貧瘠土壤上,如果在它們的根上沒有菌根,就不能生长。同样地,菌根真菌如果沒有与适当的木本植物共生,也不能形成子实体。

能形成菌根的真菌有: 1)牛肝菌科的牛肝菌(Boletus edulis)、 黄皮牛肝菌 (Ixocomus luteus)、樺树鳞皮牛肝菌 (Krombholzia scabra)、松树金黄牛肝菌 (Krombholzia aurantiaca)等; 2) 伞 菌科的卷边乳菇(Lactarius resimus)、乳菇属 (Lactarius spp.)的 其他各种、紅菇属 (Russula) 和鵝膏菌属(Amanita)等; 3) 口蘑 属(Tricholoma)的很多种、赤山菌属 (Hygrophorus) 及絲膜菌属 (Cortinarius)。

菌根菌的专性范围各有区别。它們之中,有許多只能在一个属的各树种上形成菌根,例如 Boletinus cavipes 及格氏牛肝菌 (Ixocomus Grevillei)只能与落叶松属形成菌根;而另外一些則具有較广的专性,它們可与很多种針叶和闊叶树种形成菌根。例如:松乳菌(Lactarius deliciosus) 具有三种专化变型(松树变型、云杉变型及冷杉变型),能生长在松树、云杉及冷杉之下。也有这样的 真菌,它們在闊叶树种和針叶树种上都能形成菌根。其中某些,例如:可食牛肝菌(Boletus edulis),可划分成专門的生物型式:如橡树变型、鹅耳櫪变型、白樺变型、松树变型及云杉变型等。其中的每一个变型只能在一个树种上形成菌根。但是还应該注意,菌根菌和其他真菌在不同地区它們的专性也是不一样的。

橡树和松树林内的真菌区系最丰富,落叶松林内真菌种类要少得多,而在紫杉及白蜡林内則最少。在群落中,甚至于混交着单个的松树、橡树、落叶松、云杉及樺树等树种时,都可引起与它相适应的真菌出現。它們甚至于在距离它們与之相联系的树干10米以内也能够生长。

有时,菌根菌在林分破坏以后的 10—20 年內,还能继續形成子实体。这时,伐椿的根系就是該树种下一代幼树的小根 感 染菌

根的来源。

在同一植物群系的不同群丛內, 填菌种类的組成是依土壤条件而改变。例如: 山楊牛肝菌(Ixocomus bovinus)經常生长在越桔松林和泥炭蘚松林內,而黃皮牛肝菌(Ixocomus luteus) 則在地衣松林、牙疙疸松林及椴树松林內生长。

草被层、苔蘚层及死地被层的特点对真菌子实体的发育都有着影响。在枯枝落叶层发育弱或是已被除去的地段上菌根菌的子 实体形成数量最多。繁茂的草本植物对真菌的生长及其子实体的 形成是不利的。

真菌群落的組成是随着林分的年龄而改变。例如,在松树幼 林內有着大量的黄皮牛肝菌,而可食牛肝菌則出現在年龄較大的 松树林內。

填菌盖被的成分具有不同的生态学特性,首先它們对一定基质(营养来源)的适应性各有不同。

Hygrocybe 属的大部分种是属于腐殖质腐生菌,它們是生长在裸露的、沒有枯枝落叶层的地段上,或者,它們菌柄的基部是生长在腐殖质层內(大部分菌根菌也是这样)。陡头菌(Clitocybe)、小伞菌(Lepiota)、金錢菌(Collybia)等属的各个种是以菌絲体伸入到森林枯枝落叶层中。这一組眞菌子实体的菌柄基部經常位于枯枝落叶的厚层內,但并未达到腐殖质层。小皮伞菌属(Marasmius)及小菌属(Mycena)的某些体型小的种,它們生长在树木的新鮮的调落物——叶子、針叶、枝条、球果、果实上及在草本植物的枯枝落叶上。

在形成地面层片的填菌区系中,也具有喜蘚的、喜碳的、喜粪的及喜菌的各种菌类。喜蘚的填菌是与苔蘚有关。在它們之間专門分出有喜泥炭蘚的組(如 Galerina 及其他属的种),它們生长在泥炭蘚上;喜碳的填菌如碳火焰菌(Flammula carbonaria)是生长在火堆及火烧跡地碳屑上;喜粪的填菌是分布在粪便上,而喜菌的是生长在老的菌盖上。后三組的填菌,不管是在各种森林群系之內或是在林外,只要是在自己特有的基质上都可以发育。

喜木质的真菌同样也具有不同范围的专性。它們之中,有一些仅生长在某一个属的树木上,例如: Piptoporus betulinus 只在 樺树上生长;另一些,例如松树白腐菌(Phellinus pini)能生长在各种針叶树上;还有一些,如紅边菌(Fomitopsis pinicola),既能生长在針叶树上,又能生长在闊叶树上。

喜木质真菌的某一些种仅适应于活的树干;另一些种是适应于枯立木;第三种适应于根部;第四种适应于伐椿;第五种适应于倒木;也有这样的种,既生长在枯立木上,又生长在倒木上。活树干的寄生菌往往在树木死后仍作为腐生菌继續发育。

腐朽的木材象海綿一样吸收水分,所以甚至在干旱的年代,在腐木上也能生长真菌,但这时对于地面上的真菌,特别是肉质的菌根菌类的发育,土壤中水分已經不够了。

在草本群落中,同样也具有不同生态学的真菌:腐殖质腐生菌、草本植物残体的腐生菌、喜蘚的和喜粪的真菌等。

放牧对真菌的組成具有很大的影响。某些种,例如食用小皮 伞菌(Marasmius oreades),适应于放牧牲畜的地方。在垃圾堆上 則发育着特有的屑堆微生物区系。

群落中眞菌的定位研究方法

植物群落中的真菌种类組成,只有在固定样方上进行为期至少是三年,最好是五年的定位研究,才能得到应有的了解。这样的观察期限,使得那些在个别不利年代內不能出現的种类也能得到調查。

真菌群落的研究最好和植物群落的全面綜合研究共同进行。

对植被的綜合研究来說(其中也包括眞菌在內),选择固定样 地是非常重要的。选择固定样地应根据土壤和高等植物的特征来 进行,要求它們应該是一致的。

研究森林群落的真菌,应該按林型設置样方,每个样方的大小 应为400平方米。在着手研究真菌之前,必須詳細地、全面地分析 和記載群落的組成和結构,以及它的生长地条件,特別是要注意描述微地形、死地被物、土壤上倒木的特性和数量、腐朽的伐椿、蚁垤等。

对样地以外相邻近的所有树种也必須注意,因为它們的根系 能够伸入到样地內来。为了更精确地确定真菌与基质和树种的关 系,也必須研究样地以外的真菌区系。

样地上的真菌研究应該在整个生长期內进行,也就是自出現 首批春季种类的子实体起至晚秋生长停止时为止,在苏联中部地 带这个时期将是自 4 月 20 日或是 5 月 1 日起到 10 月 15 日止。真 菌的調查应該經常地每隔 10 天进行一次,在其大量的出現时期应 每隔 5 天調查一次。

研究样地上的真菌具有下列的目的: 1)編制每年的和整个 观察期內的真菌全部名录; 2)調查不同观察时期內真菌多度的变 化和真菌季相的更替; 3)了解真菌的生态学,以及它們与高等植 物和植物群落的联系。

进行填菌調查,在野外必須备有: 籃子、背囊、刀子、紙袋(和采集苔蘚用的一样)、4 开和 12 开的报紙用来包湿的大型 眞 菌标本、标本記載簿(若是标本記載是在野外进行而不在室內)、眞菌調查簿(按照后附的格式)、标签、放大鏡、鉛笔、繪制眞菌分布图的图紙、油布(盖籃子用以防漏雨或晒干标本)、镊子(鋏取小型 标本和清除标本上的苔蘚、枯叶和泥土用)。

每一次調查真菌都是由目測各个种的多度开始。多度級一般 是采用哈斯的分級法(Haas, 1932):

- 5 ——到处都常見;
- 4 ——在很多地方出現;
- 3 ——不均匀,分散;
- 2 ——很分散;
- 1 ---- 个别;
- +---只在一个地方有一株或是一群、一堆。

真菌种类的名称必須按照遇見的順序記載于表格內(見附

Piceeto-Tilietum equisetoso-mercurialiosum 群丛中№ 1 固定样地上真菌統計表 (卡贊市城郊拉伊弗林場 67 林班)

1		1								١	۱	П	1	1	١	ı	ı	1	1
		_		涨				主	哲		ш	單	任		AM	庫		ı	
<u>M</u>	真菌的名称或是标本編号		基质	#	ro		H	9		H	^		H	00		H	6		H
				政	00	18	28	∞	18	28	00	18	- 28	00	18	28	00	18	28
Mare	Marasmius esculentus		云杉球果上	-	+	1	1	1	I	1	1	1	1	ı	1	1	ı	+	63
Verp	Verpa bohemica	77	中藤十	4(直綫)	Ť.	H	Į.	1	1	.1	11,	Į.	.1	i	ļ	i	1	1	-1
Plice	Plicaria violacea	-	火堆灰上	63	1	+	1	1	1	+	1	1	1	1	1	ı	1	1	- 1
Geop	Geopyxis carbonaria	匝	4	2,3	1	1	-	Н	-	-	-	-	ı	ı	1	1	ı	1	1
Coll	Collybia dryophila	相臣	枯枝落叶 层的落叶上	61	1	1	I	1	1	+	67	+	+	+-1		+	T	+	
Flan	Flammula carbonaria	=	火堆灰上	1,2	1	1	-	1	1	Н	I	1	1	1	+	1	1	+	₩
Xero	Xerocomus chrysenteron	#	上線上或 朽的倒木 上(与複 树柏珠系)	H	ı	1		1	1 -	1	H	ŀ	-	-	Н	1	1	Н	\leftarrow
真」	真菌№5	72	枯枝落叶层	6.1	ı	ı	1	0	1	1	1	1	1	+	67	Н	+	H	67
Clito	Clitocybe infundibuliformis	匝	4	63	ı	1	ı	ı	1	1	1	1	1	+	-	H	+	\vdash	1
Hyd	Hydnun repandum	+	梅上	1,2,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	+	ਜ	-	-	4
		ı						1		۱	ı	I	1	1					1

表)。每一种都必須詳細記載其菌柄基部所着生的基质(若是各个个体着生的基质不同时,則每一种基质,都应該进行記載);在裸露的土壤上、在分解了的枯枝落叶层上、在針叶上、在闊叶上、在碎木块上、在枯枝落叶层內的小枝上、在球果上、在闊叶树的果实上、在草本植物的根茎上、在草本植物叶子的基部、在树皮碎块上、在苔蘚上、在某种动物的粪便和排泄物上、在老菌的菌盖上、在碳屑上、在昆虫的尸体上等等。

对于地面的真菌种类必須詳細研究它們与乔木树种的根有无联系,以及是什么样的联系:适应于根际范围,在紆細的鬚根上形成菌根或是伸入到根的木质內部,后面一种情况,例如鹿花菌(Gyromitra esculenta)就是,它經常生长在采伐迹地上,它的菌絲体和松树的伐椿相連,而在有些林份內,它和活的松树的根相連。确定这种联系的特性是非常重要的。

然后,按照哈斯的五种等級来确定"聚生度":

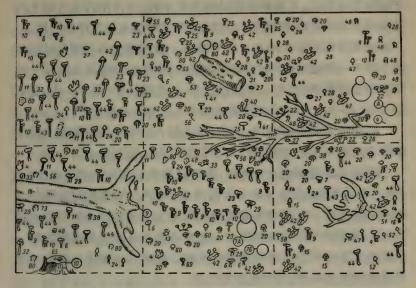
- 5 ——在整个地面上都均匀分布;
- 4 ——成行、环状或其它聚集形状;
- 3 ——大群、大簇;
- 2 ——小群、小簇;
- 1 ---- 单株。

基质和聚生度应在第一次发現該菌时就进行記載,以后若是該菌出現在另一种基质上或是聚生度有所变化时,則在此栏內进行补充。若是真菌集聚在一块,則应說明它們集聚的特点和大小,例如:直径达260厘米的仙环状;沿云杉根伸延长达3米的直綫状;30—80个一簇等等。

在每十天一次的調查中,应按哈斯級記載每一个种的多度。 在記載各个种多度的調查簿(調查表)內,应在前面或后面留出几 頁,以便記載每一次十天調查时真菌覆盖被中各个种的总的多度 和季相。为了对样方上真菌的分布能有清晰的概念,应把它們繪 制成比例尺为1:50的平面图(每1厘米代表0.5米)。

为此,应把标准地划分成25平方米的方块,每块的边长为5

米。在图上首先繪下所有树干和树冠、枯立木、倒木和伐椿以及較大的枯断树枝的垂直投影(見图);最好还画出高起的小地形。然后,



在划分成25平方米方格的部分样地上真菌分布的平面图 (羊角 芹橡树林,9月初)

(恰斯图辛和尼可拉也夫斯卡娅著作的部分图,1953) -Clavaria sp.; 6-Clitocybe infundibuliformis; 9-Collybia asema; 10-Collybia confluens; 11-Collybia dryophila; 13-C. cirrhata; 15-Inocybe geophylla; 16-Cortinarius hinnuleus; 20-Hebeloma crustuliniforme; 22-Helotium virgultorum; 23—Hygrophorus olivaceo-albus; 24-Inocybe geophylla f.; 25-I. umbrina; 26-I. fastigiata; 27-Lachnea hemisphaerica; 28-Laccarica laccata; 29—Lactarius volemus; 30—Lepiota cristata; 31-Leptonia sp.; 32-Collybia longipes; 33-Lycoperdon umbrinum; 36-Marasmius Bulliardii; 38-M. erythropus; 39—M. ramealis; 40—Mycena galericulata; 41-Mycena erubescens; 42-Mycena debilis; 43-Mycena polygramma; 44---Mycena pura; 47----Mycena vitrea; 52-Rhodophyllus xylophyllus; 48-Otidea grandis; -Russula xerampelina; 55- Sepedonium chrysospermum; -Sclerotinia pseudotuberosa; 60—Tricholoma album; 56--Stereum hirsutum; 69--Tricholoma grammopodium; 80-Lycoperdon gemmatum.

再画上所有的真菌,每一种真菌用一个特別的符号表示。重要的是要能在图上表現出不同时期內,最好是整个調查时期內标准地上真菌的分布情况。当真菌出現的数量很少时,可以把若干次調查的結果用不同的顏色繪制在一张图上,但在真菌大量发育的时候,每一次的調查都应单独繪成一张平面图。繪制真菌平面图也可以只限于在5—10或是25平方米的面积上,而且也不是要求在每一次真菌調查时都进行,在一年內进行5—6次就行了(春季一次,夏季的6—7月一次,大量出現子实体时2—3次和秋末一次)。

在繪制眞菌平面图时,必須注意在一系列年代內眞菌子实体所組成的仙环及其它聚集体大小的变化和位置的移动。

样地上填菌种頻度的統計,应当在填菌大量生长期間进行3—4次。每次調查10块一平方米的样方,它們应沿角和边設置在靠近样地边界处,在調查簿或調查表內用"+"符号表示在平方米調查样方內出現的每一填菌种类,这些小样方也可以用来調查每一个种或是某些有意义种类填菌的多度。为此,只要就地統計所有子实体的数量即可,但不要拔掉它們。

当統計整个生长期內所有子实体的重量时(也就是确定群落中真菌层片的生产率),应設置一个专門的面积为500平方米的样地,或是若干个面积总和为500平方米的样地。在这些样地地上,每年齐地面切取真菌的所有个体。根据研究的目的和要求精度的不同,对某些最有意义的种类須要单独采集和秤重,而其余的可以不按种而按属来归类(例如:把紅菇属的所有种类都归在一起秤重)。在闆叶林內混交少量的松树时,其下面有时长有很多的真菌,这时把某一株松树下生长的所有子实体分别采集和秤重是具有很大意义的。当研究的精度要求不高时,也可以只把食用真菌的子实体收集在一起来秤重。重要的只是最后获得所有子实体的总重量。但也必須避免切取太年幼的(小的)子实体。在真菌大量生长的时期,最好在每10日的調查之間再进行产量的补充調查。

研究真菌时,最主要的困难是真菌种类的鑑定和标本的干燥。

为了使研究工作有完全的价值,必须从第一年开始就鑑定所有的种,为此,必须采集和記載所有出現的真菌,即使暫时是用符号或是編号代替也行。为标本室采集的真菌标本,无論如何都不能用小刀来切取,而是要非常仔細地来挖掘,为的是不把菌托或是菌柄的根状延长部分遺留在土內。

为了使多肉质的种类能够在以后得到专家或是調查者本人进一步的鑑定,每一个不认識的种都必須采集标本,并进行編号(在可能情况下,必須分別采集幼年的和成熟的标本);此外,还必須注明它們的多度和記載它們在新鮮时候的主要特征。

每一个填菌标本上都应該繫上一个带有編号的标签,这个号碼必須和調查表內或是标本記載簿上記載該菌的編号相同。每一个标本在采集时就应用一个紙袋或用一张紙分別包起来,放在籃子內;只有坚硬的多孔菌才能放在背囊內携带。为了正确地鑑定干燥状态的真菌标本,必須知道标本新鮮状态的一些特征。沒有这些特征,甚至最有經驗的微生物学专家也往往不能确定它的种属。調查者对不认識的标本,可将其新鮮时的特征記載在該菌所拴的标签上,或者最好記載在专門的調查簿內。調查簿的每一頁上应預先編号,并且有相同的上下两联。其特征的描述只記載在其中一联上,为的是以后在室內整理时,能把此联裁成同一格式的卡片,并按分类系統排列,或是附在标本之上。如果所采集的标本在当日不能进行記載时,則必須把它們保藏在地窖的阴凉处或是冰箱內。若在冷天則置于不生火的室內。

对于新鮮的标本,必須記載下列的特征:子实体的形状,而对于分枝状的种类如珊瑚菌(Clavaria)等还要記載珊瑚状子实体的高度和寬度、菌梗及其大小、分枝及其頂部的顏色。对于具有菌盖和菌柄的真菌还要分別記載其結实部分的菌盖(管孔或菌褶)和菌柄。对于菌盖必須注明:大小、形状、表面的顏色和特征[胶质或水漬状透明的(也就是說,象吸飽了水一样并且稍微发干燥顏色就很快变浅的)、干燥的、片状的、絮状的、边緣和全部表面上具有菌幕的残留部分]、菌盖的菌肉厚度、剖面的顏色及其在空气中的变

化。对于結实部分(子实层托)要指出:一般特点、管孔或菌褶的 高度和寬度、顏色和連接在菌柄部位的特点(离生、連生、楔生或延 生)。非常重要的是知道其孢子粉撒在白紙上时的顏色。

对于菌柄須要記載:着生的特点(中央着生、偏生或侧生),它的长度和直径(若是上下部不一般粗,則要分別注明各部分的粗細),表面顏色和特征(絲状、鱗片状;具有环状的、蜘蛛网状的,或棉絮状的菌幕残留物,在上表面具有糠状的粉末层)。应特別注意菌柄基部的描述:菌托呈囊状或环状、具有簡单的或是周緣的疣状突起物、下部变細、具有根状的延續部分。必須指出菌柄的菌肉顏色和它的特点(絲状、絮状、疏松、具小沟或是管状)。記載真菌的气味是非常必需的,因为它可能在干燥时很快地消失或是在潮湿时表現不出来。对于紅菇菌和乳菇菌属还必須記載其菌褶的味道(淡的、辣的、微辣)。对于乳菇菌和乳菇菌属还必須記載其菌褶的味道(淡的、辣的、微辣)。对于乳菇菌属还要記載当其受損时由菌褶內流出的乳汁的顏色,以及它在空气中的变化。最后,还应該記載填菌的生长特点(单个、成簇、成覆瓦状群、行状、环状,并指出其大小)。

喜木质的真菌应按照它們所生长的树种編制名录表。对生长在活树树干上的种类須特別詳細地指出它們在树干上着生的高度和部位: 生长在枝条折断的伤处和刀斧伤口上、在树干的基部和根部等。对于腐生的种类也要尽可能地記載它着生的树种,并指出真菌生长的地方(在枯立木上、伐椿上、倒木上或倒枝上)。

在烘制填菌标本时,应尽量保持标本的完整,但对最大的肉质标本可以沿着菌盖和菌柄的直径綫切成两半。干燥填菌标本时,最好用带边的金属网在厨灶或电炉上烘烤。在 俄 罗 斯 式的火炉上,象烤食用蘑菇一样,把鉄絲网放在砖块上或炉盘上(烤盘)来烘烤也是非常好的。

用水彩顏色或是彩色鉛笔,以精确的色調來繪制真菌的彩色 图,对标本的鑑定也能給予很大的帮助。

摄制真菌在自然状况下生长特点和其生长环境的照片以及摄制个别不同年龄——成熟和年幼的子实体的 照 片 也 是非常有益

的。这样的插图有时簡直是鑑定时不可替代的資料。

在样地上第一年所采集的真菌标本应在同年的室內工作时期 进行鑑定,以便自第二年开始,儘可能对被研究样地上生长的真菌 种数知道更多。

在草本群落中,特別是对占有面积不大的草本植物群落,所設置的固定調查面积可規定在100平方米以內。此外,还必須在若干个这样的样地上(不少于三个)进行主要的目測研究。真菌的定位研究,必須同时伴随土壤溫度和水分的研究。土壤溫度和水分的測定不是在固定样地范围之內,而是在紧靠着样地的外面进行,以便不破坏真菌盖被。

群落中眞菌和眞菌层片的路綫調查方法

当进行路綫調查时,群落中的填菌并不是經常能够被发現的。这不仅因为它們的子实体生命短促,而且填菌大量生长时期也并不是經常和高等植物的調查时期符合。但高等植物的調查通常只是在夏季进行一次,因此,在路綫調查时,往往不可能編制各植物群落的真菌名录表,甚至連了解它們的特有种和优势种也有困难。研究真菌最好是在它們大量发育时进行,即使在不可能再次去該地段进行調查,也不可能編制真菌的完整名录表时,仍不应該拒絕去研究它們,而是必須尽可能的調查和采集所有的种类。

在填菌子实体大量发育时期,編制森林填菌名录表所需的面积应超过填菌层片的最小面积,即是不小于400平方米,有时甚至可达0.25公頃。

当研究草本植物群落时,由于其中真菌較少,所以編制某一个 群丛的真菌名录表时,也不应只局限在100平方米的面积內,还必 須記載样地以外的真菌,并且尽可能地在該群丛的若干个地段上 进行調查。真菌层片的描述和調查可按上列的格式进行。

在**眞**菌名录表內,对每一个种都要詳細地注明它所生长的基 质的特点(在裸露的土壤上、在針叶上、在碎木块上、在枯枝落叶层 的叶上、在树皮块上、在球果上等)。尤其是对于大型肉质的可能形成菌根的真菌,必須記录它們是和哪一树种相联系的,而且这里不仅需要考虑到乔木,也要考虑到灌木,甚至是新鮮的伐椿。为了正确的确定这种联系,必須在若干个地方进行这种观察。对于每一种真菌都必須記載它們的生长特点(它的聚生度)和哈斯級的多度。

若是在調查时期发現有大量的眞菌时,对整个眞菌层片以及 每个种也都应該指出它們的季相和哈斯級的多度(已列举如上)。 为了对植物群丛的眞菌区系能形成比較完整的概念,必須在該群 丛的若干个地段上进行眞菌調查。

在不同的植物群落中和在苏联的各个不同地区进行真菌的研究,特别是定位研究,必将能对植物群落的认識以及真菌的生态学 提供非常珍貴的資料。

(郭秀珍譯)

参考文献

Бондарцев А. С. 1953. Трутовые грибы Европейской части СССР и Кавказа, Изд. АН СССР, М.—Л.

Бондарцев А. С. и Р. А. Зингер. 1950. Руководство по сбору высших базидиальных грибов для научного их изучения. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. II, Споровые растения, вып. 6.

Ванин С. И. 1955. Лесная фитопатология. Изд. 4-е. Гослесбумиздат, М.—Л.

Васильева Л. Н. 1939. Грибы Кавказского заповедника, Уч. зап. Казанск. гос. унив., т. 99, вып. 1.

Васильева Л. Н. 1950. О шляпочных грибах Приморья и их значении в природе и хозяйстве края. Комаровские чтения. Дальневост. фил. АН СССР, вып. 2.

Васильков Б. П. 1938. Опыт изучения грибов при геоботанических исследованиях. Сов. ботаника, № 4—5.

Васильков Б. П. 1948. Съедобные и ядовитые грибы средней полосы Европейской части СССР. Изд. АН СССР, М.—Л.

Лебедева Л. А. 1937. Грибы. Госторгиздат, М.—Л.

Лебедева Л. А. 1949. Определитель шляпочных грибов (Agaricales). Сельхозгиз, М.—Л.

Определитель низших растений. Под ред. Л. И. Курсанова. Т. 3, 1954; т. 4, 1956. Изд. «Советская наука», М.

- Частухин В. Я. 1945. Экологический анализ распада растительных остатков в еловых лесах. Почвоведение, № 2.
- Частухин В. Я. 1948. Экологический анализ распада растительных остатков в молодых сосновых насаждениях. Почвоведение, № 2.
- Частухин В. Я. и М. А. Николаевская. 1953. Исследования по разложению органических остатков под влиянием грибов и бактерий в дубравах, степях и полезащитных лесных полосах. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. П. Споровые растения, вып. 8.
- Шенников А. П. 1927. Некоторые данные о флоре напочвенных грибов в различных ассоциациях. Изв. Гл. ботан. сада, т. 26, вып. 3.
- Шенников А. П. 1943. О фитоценологических исследованиях шляпочных грибов. Сов. ботаника, № 2.
- Ячевский А. А. 1913. Определитель грибов, Т. І. Совершенные грибы. СПб.
- Ячевский А. А. 1922. О собирании материала по грибной фитосоциологии. Матер. по микол. и фитопатол. России. т. IV.
- Ячевский А. А. 1933. Основы микологии. Сельхозгиз, М.
- Friedrich K. 1936. Zur Ökologie der höheren Pilze. Ber. Dtsch. bot. Ges., Bd. 54, H. 6.
- Friedrich K. 1937. Zur Ökologie der höheren Pilze. Ber. Dtsch. bot. Ges., Bd. 55, H. 10.
- Friedrich K. 1940. Untersuchungen zur Ökologie der höheren Pilze. Pflanzenforschung, Bd. 22.
- Haas H. 1932. Die Bodenbewohnenden Grosspilze in den Waldformationen einiger Gebiete von Würtemberg. Beih. Bot. Cbl., Bd. 50, H. 2.
- Höfler K. 1937. Pilzsoziologie, Ber. Dtsch. bot. Ges., Bd. 55, H. 10. Kotlaba Fr. 1953. Ekologicke-sociologicka studie o mykoflore «Sobeslavskychblat». Preslia, Bd. 25, H. 4.
- Lange M. 1948. The agaries of Maglemose. Dansk. bot. Ark., Bd. 13, № 1.
- Leischner-Siska E. 1939. Zur Soziologie une Ökologie der höheren Pilze. Beih. bot. Cbl., Bd. 59, Abt. B, H. 2/3.
- Melin E. 1948. Recent advances in the study of tree mycorrhiza. Trans. Brit. Myc. Soc., vol. XXX.
- Pilat A. 1951. Klič k určováni nasich hub hřibovitých a bedlovitých.

 Praha.
- Urbizsy G. 1948. La végétation de champignons macroscopiques des sols forestières et le facteur. Erdeszeti Kiserletek, Bd. 48, H. 1—2.
- Urbizsy G. 1956. Neuere Untersuchungen über die Zönologie Bodenbewohnender Grosspilze der Waldtypen. Acta bot. Acad. sci. Hungaricae, Bd. 2, H. 3—4.

植物群落中藻类的研究方法

M. M. 戈列尔巴赫(Голлербах)和 Л. M. 查烏耶尔(Зауер) (苏联科学院植物研究所孢子植物組及国立列宁格勒大学)

引言

在着手研究植物群落时,地植物学家应該首先了解清楚它的 种类組成。这时,不仅要考虑到通常肉眼可見的高等植物,而且也 要考虑到低等植物,其中也包括藻类在內,而这些低等植物往往只 能根据間接的特征才能判断出它們的存在。只有这样地理解植物 群落的区系組成才能保証对藻类进行真正的植物群落学的研究, 才能避免不合理地、孤立地对待群落的分类,才有可能正确地确定 藻类在植物群落結构中的地位。

藻类在植物群落生活中的作用还远沒有全部地被了解清楚, 但无疑地应該承认,它的作用是多方面的。由于它生长在树干上, 所以能降低雨水对树皮的浸湿性。当藻类生长在裸露的土质和岩 石上时,則在其表面上創造了第一批有机物质貯藏,并用这种方式 参与土壤的形成过程。

在植物群落生活中最有意义的,无疑地是土壤藻类。当它們进行光合作用时,就增加了土壤空气中的氧气。藻类分泌能使固氮細菌活跃起来酵母活素类型的刺激物质,和抑制其它微生物发育的抗生素。藻类大量形成的粘液不能不对土壤的物理性能有着影响,而在土壤表面形成的整个粘膜也必然会大大地降低土壤的通气性。此外,藻类也还是高等植物在矿物营养方面的竞争者,但是,当藻类死去后,它所吸收的盐分又重新回到土壤内;在輕松土壤上,它将阻碍土壤的淋溶速度。曾經有人进行过观察,在同一

种土壤上,高等植物根际范围内的藻类要比在根际外的发育好。进行的統計表明,在中等良好的条件下,1克重的表层土壤内(在几厘米厚层内)包含有10—30万个藻类細胞,而在1公頃的土壤内,其同一时期的生物物质量达40—500公斤生活物质。还有些研究指出,有着根藻¹)(альгориза)的存在。

因此,藻类和其它各类微生物是一样,它与高等植物有着非常 密切的相互关系。这就証明,不能把藻类的植物群落学的作用看 作是次要的,因此对藻类层片研究的仔細程度必須不次于植物群 落的其它层片。

在陆生植物群落中主要是分布着土壤藻类和气生藻类,而水生藻类则非常少,后者通常只是植物群落偶然外来的居住者。

藻类能够进入到层間植被的組成內,或者作为土壤微生物区 系层的一部分,組成特殊的层片。

属于层間植被組成的藻类是包括附生在处于該植物群落領域 內的乔木、灌木、小灌木、树干上、苔蘚的茎和叶上,在漂砾或是其 它起源的矿物岩屑和岩块的表面上的藻类。在这样的生活方式下, 藻类大部分都是利用硬的基质,在溫带的植物群落中,藻类附生在 乔灌木树叶上和附生在草本植物地上器官上的机会都是非常稀有 的。

作为土壤微生物区系层的藻类主要分布在土壤表面上和接近 土壤表面的各土层內。而在土壤的深层內(达 2.8 米深处)有时用 培养法也发現有少量的和多种多样的藻类。

然而,无論是附生藻类,或是土壤藻类,在大多数情况下,它們都是微观生物。因此,在植物群落中,它們的存在幷非經常用肉眼能够看見,甚至是在土壤表面和高等植物的各部分器官上非常仔細地观察往往也很难察觉到。在藻类生长的地方,只有用显微鏡或是高倍放大鏡来研究基质才能直接发現它們。仅有当藻类大量繁生而使基质在外表上变成綠色或是在基质上出現了一层綠色、

¹⁾ 根藻是指生长在植物根上的藻类。——譯者注

蓝綠色或是棕褐色粉末或斑点时,才能用肉眼察觉到它們的存在。 但是,即使在这样的情况下,要想精确地确定它們的种类組成,仍 必須利用显微鏡。

在目前,我們的光学工业已生产了各种各样工作起来非常方便的"袖珍"显微鏡(MДК-2),其放大倍数达 150 倍,以及专門的 旅途显微鏡(MИБ-3),它是装在一个体积很小的匣子里,在旅途中携带非常方便,也不笨重。这些旅途显微鏡的光学质量,与实驗室內所用的普通显微鏡相比較,是沒有絲毫的差別。

然而,在野外地植物研究的实践中,并不是經常都有可能利用显微鏡。此外,为了精确鑑定藻类的种类組成,还須要具备一些适当的文献。因此,所有显微鏡观察工作一般都是在室內工作时期进行。这是完全正确的。而且經驗証明,在室內鑑定藻类植物标本和在野外在它們所生长的植物群落內就地直接鑑定生活状态下的藻类,是有着同样的效果。而且,在个别的情况下,在实驗室环境中来鑑定它們的种类組成,甚至还可能进行得更全面些,尤其是考虑到在这里有可能利用某些間接的方法,关于这些将在后面詳述。

然而也必須指出,只有当野外材料收集得非常詳細,同时用規定的方法保藏和运輸,使之不受損坏,并且精确地用标签編号以后,才有可能根据野外材料的室內整理結果,对被研究的植物群落結构中藻类的参加情况形成完整的概念。

藻类的采集方法

把藻类作为植物群落的成分来研究,开始得还是比較迟。因此完全可以理解,其研究方法必然还制訂得很不够。然而,如果今后在这方面不进行进一步的实际工作,要想改善植物群落中藻类的研究方法是不可能的。

藻类的采集方法多半是取决于它們所生长的基质的特点。

生长在树干上的藻类必須連同树皮一块采集,为此,可用鋒利 的小刀挖下一块面积約为5—10平方厘米的树皮表层,或者是几 块較小的树皮,但必須严格注意,被挖下的树皮块在脱离树干以后不致变成碎片。为了避免这种現象,应該把刀子切入树皮內更深一些,以便增加被挖的那块树皮的厚度。若是必須从很細的树枝或茎上采集藻类时,則可从其上截取一段小块标本,并力求使覆盖着藻类的外层表面不受到任何的損坏。

生长在裸露岩石或岩石碎块表面上的藻类也最好連同它們所 附着的石块一同采集。为此,可以利用地质鎚。但是,即使是具有 地质鎚也絕不是經常有可能从大的岩石上准确地敲下所需的那小 块石头。在这种情况下,可用刀子、鏟子或是任何种金属片从石块 表面把藻类刮下来,这些工具的边緣,并不一定要磨銳。然而,用 工具刮必然会破坏藻类在石块表面的 分布全貌,甚至会損坏了它 們的叶状体,这更非我們所希望的。这些情况在以后鑑定藻类的 种时必須考虑到。

当采集生长在苔蘚植物上的藻类时,必須考虑到,只有在很少的情况下它們才在这里形成很明显的肉眼可見的繁茂集群。通常,只有在死去的苔蘚上,例如,在轉入退化阶段的沼泽地內,才能看到明显可見的藻类粉霜层。所以,往往在苔蘚上确定藻类的存在只能直接用显微鏡观察的方法或者是用只有在实驗室条件下才能采用的間接方法来确定。因此,为了分析藻类的存在,往往只好盲目地采集苔蘚。在这时候,最好注意以下各点:大型的苔蘚,如Polytrichum commune类型以及某些泥炭蘚、藻类多半生长在它們的下部,而低矮的和匍匐的苔蘚就沒有这种差別。目前只在沼泽群落內发現生长在眞蘚和泥炭蘚生草丛上的藻类区系組成有所差异,但在森林群落內,这种差异还沒有发現。在由于形态和生理特性而持水能力較好的苔蘚小生草丛上,所生长的藻类种数量就較多一些。有时藻类也生长在泥炭藓的透明細胞內部。

在采集苔蘚时应特別注意,不要把小生草丛的下部以及土粒、 泥炭或死地被物等一同采来,因为它們对于生长在其中的藻类来 說是另一种性质的基质,因此应該单独地来研究。

当用肉眼能确定在土壤表面上有土壤藻类存在时(如明显的

粉霜层,膜和粘片等),应該把它們所生长的土壤表层一同采集。 采集土壤表层可用刀子或是其它种不弯曲的金属工具。做这項工 作需要特別认真,力求不損坏复盖着藻类的标本表面,并使这薄层 土壤保持着自己的完整性,不遭破碎。这种标本的大小可能很不相 同,它直接依賴于藻类粉霜层的組成均一性和紧密性。若是藻类 在土壤表面愈不扩散分布和其上藻类的組成愈是均一(这可根据 外部的特征来近似的判断,当有显微鏡时,用它来检查个别地段的 土壤表面則更为精确),則所采集的标本可以愈小。通常这样标 本的厚度不超过1厘米,面积約5—10平方厘米。

然而,若是藻类在土壤表面占据的面积很大,例如大到若干平方米时,那么不能只从这样的面积上采取单独的一个完整的标本是不可能的。对于这样大片的藻类即使仅为了确定它們的区系組成,也必須在这块地面的不同地方采取若干个,有时甚至是很多的标本。采取标本的地点可以根据藻类盖被的外部特征(例如:按其色泽、紧密度和結构的变化)以及根据生境条件:小地形、光照、湿度等的詳細研究来选定。在这时所采集的藻类标本,最好就地在显微鏡下检查。

当藻类地面盖被所占的面积已不是几平方米,而是若干平方公里时,则研究它們就要困难得多。在这样地区的群落組成內,甚至可能完全沒有高等植物存在,而藻类是这里占絕对优势的群落成分(ценобионт)。例如中亚細亚粘土荒漠上大面积的龟裂土就是这样的例子。在这样的地区进行地植物工作就非常复杂了,因为这里的植被都是由微观的生物所組成,它們的存在,甚至数量很多时,都纤非經常为肉眼观察所能确定,它們的原殖体經常和土粒胶結成坚硬的土壳(例如在干枯时期龟裂土上),从它的表面纤不能判断出其组成中有无藻类的存在。

对这样的地区可用剖面法来研究藻类。剖面的設置应考虑到 地形,不管地形表現的程度是如何微弱,甚至是潜蝕过程的結果所 形成的小块凹地也都应該考虑到,更不用說是大块的碟形地了,它 們对藻类的分布必然会有着重大的影响。剖面最好設置若干个, 在这种情况下,其間的距离可根据調查的詳細程度而确定。調查的詳細程度也决定着同一剖面上取样点間的距离。每一个样品应該是面积不大約5—10平方厘米的一块土壳表面或土壤表层。采取样品的厚度要看藻类伸入土层的深度而定,有时能达2—5厘米。当藻类的原殖体伸入到土内較深层时,若只从土壤表层采集样品,則将人为地引起藻类层片的破坏。在采集每一个样品时都必須詳細地記載采集地点,注意地表的一般情况、湿潤程度、土壤机械組成及其龟裂性等等。

生长在地表以下土层內的土壤藻类很少能形成肉眼可見的繁茂集群。目前只知道在某些半荒漠的沙地上,以及在河漫滩近河床部分的沙地上,藻类才能在土壤表面下的某种深处形成明显可見的"綠色层"。而在一般的情况下,只有用显微鏡检查土壤的样品时,才能发現在表层下的土壤內有藻类的存在。并且显微鏡检查最好是在采集的現場,当土样还沒有干时就进行。因为土样变干在运輸时是难以避免的。然而,用土样直接制备的显微鏡标本玻片,由于往往带有大的土粒,所以在高倍显微鏡下很难观察,而且也不能提供关于土壤中所包含的藻类类型的全部多样性的概念。其中特別困难的是鑑定藻类到种,这需要观察它微小的結构和細胞的大小。因此,在野外研究生长在土壤深处的藻类,通常只是限于采集土样,以便以后用实驗室方法来研究。

然而,必須記住,实驗室研究結果的可靠性和精确性在很大程 度上是取决于野外工作中选取土样方法的正确与否。

保証研究結果可靠性的首先和必要的条件是采取土样时遵守 消毒規則,其次,(这也是很重要的条件)就是在采取土样时应完全 避免在取样的层次內无意地混杂其它层次的土粒。

当研究土壤藻类时(无論是表层的或是深层的藻类),地植物学家最好与土壤学家紧密地配合工作。因为所有的土壤藻类研究工作,只有当它伴随着尽可能全面的土壤研究时,才能获得最大的价值。当进行很大区域的調查时,首先須要研究土壤,只有根据这种研究資料才能确定采取供作藻类分析土样的地点。当采取样品

时,最好利用土壤学家所挖的土坑。若是地植物学家单独工作时, 則可以利用記載植物群落时所挖的土坑(即使土坑不大也可)来采 取土样。土坑的深度取决于研究的詳細程度。

采取土样时,最好不要沿土壤剖面按某一定的距离机械地往 深处进行,而是要按照記載土壤时所划分的发生层次进行采集。同 时,因为土壤层次都有一定的厚度,所以最好在各个取样点之間多 少保持相等的間距。

在采取土样之前,首先选择土坑内太阳照射不到的一个阴向 面(这可預防其很快的干燥),用十鍬把它鏟平,然后用地植物学家 挖取植物标本时所用的小鏟或小刀再細致地修整土壤剖面。为了 避免在土壤的各深层內湿染不属該层所固有的藻类的繁殖体。以 后的各道工序必須用消毒工具来进行。这种工具可以是小鏟、刀 子和金属的勺子等。工具的消毒可 以在出 发去野 外之前 預先讲 行,也可以直接在工作現場进行,然而,对地植物学家来說,使用的 工具在实驗室內預先进行消毒在很多方面都是不方便的, 尤其是 当野外工作計划采集大量的土样时, 更是如此。因为每一个消毒 工具用来采取土样时,只能使用一次,那么必然需要随身携带大量 的这种工具才行。这样一定会造成多余的浪费,也增加了旅行装 备的重量和体积。所有这些缺点, 若是直接在取样的現場进行消 盡就可以避免。在这种情况下,只需要补充携带一罐 300-500 毫 升封装良好的 96°酒精(或是变性酒精) 及火柴就行了。当要出发 到較远的地区进行长期的工作时, 則还須要再携带另一罐同样数 量的酒精做后备。

在上述的工具中,对于采取土样最方便的是普通的(不弯的)湯 匙。在野外工作現場进行消毒时,总共只要具备三把湯匙就够了。

湯匙的消毒和土样的采取是这样进行的:在工作开始之前, 把湯匙放在酒精內。使用时,把它从酒精罐內取出,再将其表面的 酒精点燃。当酒精完全烧尽以后,匙子就可以备用了。

第一把湯匙是用来剷刮土层(打算取样的层次)的外表。第二 把湯匙用来在被研究的层中深挖8—10厘米深的水平深洞,第三 把湯匙是用来从这个深洞內挖取土样,同时,只利用此洞的后壁和 上壁采取。此后,用擦布、苔蘚或树叶等把湯匙表面上附着的土粒 擦去,再把它們重新放入酒精內。这三把湯匙就是这样用来采取 所有其余的土样。

另一种比較方便的土样采集工具是金属(鋼制的)的钻筒,它的一头必須磨銳。用这样的钻筒钻到土层內,然后把它連同內部所含的土块一起抽出来。土块必須从钻筒內取出,但是,为了避免从外面掺杂其它藻类繁殖体,作为土样的是采用其中間的部分,而两端的(外端和里端)土块都必須抛弃掉。

钻筒的消毒方法和湯匙的消毒相同。

考虑到,有时还必須从較薄的土层內采取土样,所以钻筒的直 径不应很大(不大于3厘米)。

采取土样时必須先从剖面的最深层开始,然后逐漸依次向土 壤表面采集。这样的順序性是必須的,因为自上层向下采取土样 时,上层土粒必然要掉落下来混杂下层的土样。

每一个土样必須采集的数量,多半是根据研究任务而定。然而,不同层次或是不同剖面上所采取的土样完全不一定需要具有某种一定的体积或重量。若是研究的任务只是在于了解藻类的种类組成,則每一样品只要含有10—15立方厘米的土壤就足够了(約一湯匙或是半火柴盒的容量)。若是除了进行藻类的分析以外,还打算进行土壤的化学分析和酸碱度測定时,則土样的容积应該大20—30倍。

用作化学分析的土样,当有条件单独保藏时,可以不遵照消毒 規則来采取。

作为藻类标本的包装材料,不管采取藻类时带有的基质如何,最好都用非常坚固而不粘結的紙(如牛皮紙类)。用这种紙做成紙袋,在出发到野外工作之前,在恒溫箱內消毒。在紙袋內可以装带有藻类粉霜层的树皮块、苔蘚的小生草丛、泥炭块、森林枯枝落叶、土样、甚至于小的不太重的石块。紙袋在装了标本以后,立即紧密地封閉起来。

在封閉的紙袋內,使标本达到风干状态,这样的标本可以保藏 很长的时間而对实驗室的研究效果不会有严重的影响。在实驗室 工作开始之前,紙袋无論如何都不应打开。

当标本需要經过远距离运輸时,最好是在它們阴干以后,装在 木箱或是厚紙盒內。标本装箱时必須注意,把各紙袋互相塞紧,以 免它們在箱內自由搖动而互相摩擦。若对紙袋的坚固性有所怀疑 时,每一个紙袋建議再用专門的紙张单独包卷起来。

当需要保持藻类层的完整因而也需要保持它所着生的基质的 完整性时,每一个标本就应单独装在一个盒內,幷預先在盒底上垫 上一层棉花,再在其上鋪一层紙。

形成大量的单純繁茂集群的藻类(包括生长在水內的藻类), 以及易与基质分离的藻类,最好放在 4 %的福尔馬林溶液內,用玻璃試管装起来,管內的溶液最好不要超过半管。这样的 保 藏方法 大大地减輕了以后的藻类鑑定工作。用带盖子的玻璃或是金属器 皿保存藻类标本而不使用加封液体的話,是不好的。只有在极个 別的情况下,才可以把标本放在玻璃和金属器皿內,但必須是完全 干燥才行。即使是略微潮湿的标本若用不透气和不透水的材料包 装,甚至是短时的保藏,也可能引起嫌气微生物的发育和加强它們 的活动,这必然会使标本的化学性质、或是它在自然状况下所固有 的藻类区系組成,都发生非常重要的次生变化。

藻类标本的标签記載方法和通常采集蜡叶标本时的方法是一样的。但是,由于在标签上又需記載微生物的生境,因此,必須注意,在記載中应尽可能比較准确地反映藻类基质所着生的具体地段(往往它是非常小的)所特有的生态条件。

藻类标本的整理和研究方法

研究质的組成

当藻类大量地包含在它們所着生的基质样品中的时候, 以及

当它們在采集时就被装置在某种保存液体中的时候,則在研究它們的种类組成可以借助于取出少量样品直接在显微鏡下进行观察。然而,往往由于标本中所包含的藻类数量很少,所以利用直接的显微鏡检查,并非經常可能。因此,在室內处理藻类标本时,普遍地采用培养法。

当培养藻类时,有关器皿、营养液、水和工具的消毒等方面都 采取一般通用的微生物技术方法。主要的要求是在培养过程中对 該标本內所有的藻类或是大多数种藻类創造有利的条件。由于作 为进行光合营养的有机体的藻类的生理特点,它不需要有机的养 料(只有对某些种类有机物质的存在还是有利的),所以培养它們 时,或是直接培养在它們的界原有的那种基质上,或是用专門备制 的营养介质,但都必須在光照下进行。在秋冬季节,还必須用高度 数的电灯(300—500瓦)給予补充的光照。

对于土壤中藻类的培养,可以建議采用下列一些方法1)。

土壤培养法 在柯赫培养皿或普通培养皿中放入一小块在野外所采集的土样,最好是完整状态的。把土壤用消过毒的蒸餾水或自来水中度潤湿,在光照下使培养物在2—4个月內都保持着經常的湿潤状态。于是在土壤表面和內部,在培养皿的壁上和盖上都繁生着藻类。将它們取出以制备普通的显微鏡标本玻片。这个方法的缺点是在制做显微鏡标本玻片时有些困难,因为很难把其中的土粒都去除干净,因而妨碍高倍鏡头观察的效果。

土壤盖玻片培养法 把需要研究的土壤以均匀的一层置于柯 赫培养皿或是普通培养皿内, 幷用蒸餾水或是自来水潤湿到完全 飽和状态, 在土壤表面上放若干个預先在酒精灯上經过消毒的盖 玻片。用镊子或是玻璃棒輕輕地把玻片向土壤压紧。这时必須遵 照下列的条件: 1)土壤表面不能压紧和压平,它必須具有微小的

¹⁾必須考虑到,在下述所有的培养,尤其是土壤培养中,除了藻类以外,苔藓原絲体也将从存在于土壤內的孢子中很好地发育起来。 苔藓原絲体的外形近似于絲状綠藻,但是根据它小粒状的叶綠体細胞間的斜壁和往往带棕色的細胞壁很容易識別出来。

起伏; 2)不能把盖玻片的整个表面都压到与土壤完全 接 触 的 程度——在土壤和玻片之間,由于土壤表面的起伏不平,就应保持着小的空隙; 3)土壤不应潤湿到这种程度,以致使盖玻片都漂浮了起来或是埋在水內。盖玻片下的小空隙成为小型的保湿器,在这里面,尤其是在玻片內表面的水滴中,土壤內的藻类就大量地发育起来。

过 2—3 周,在經过試驗后,就可以开始观察培养物。为此,用 镊子从土壤內取出任何一个玻片,将其下表面放在載玻片的水滴 上。若当玻片上粘有大的土粒时,应預先将它們小心地除去。在同 一个培养中,沒有必要同时观察很多的玻片,因为其中藻类的組成 几乎沒有区別;最好每隔一周或一周半观察一次,以便观察各种藻 类的順序演替。在培养土壤藻类时,不是所有的种类都同时发育 起来,首先发育的是綠藻类,其次是蓝綠藻类和硅藻类。通常,为 了足够完全地确定其种类組成,需要 2—3 个月。这个方法的很大 优点是不游动的单細胞藻类和絲状藻类分别被限定在玻片的一个 地点上而不是混合在一起,这就使得在研究它們一切形态时,要容 易得多。

在潤湿土壤时,若不用蒸餾水或自来水而用某种培养液(配方 見下),則获得的結果还要更好些。

土壤滤紙培养法 这种培养法与前者类似,不过土壤湿潤得更利害些,并用消毒的玻璃刮鏟把土壤表面刮平,然后用一块薄的滤紙盖上。在良好的光照下,藻类通过滤纸的孔隙生长到外面来。滤纸最好用細針刺穿很多小孔。在整个培养时期內,必須注意使培养物不要干燥,經 2—3 个月后,藻类通常都很好地生长在滤纸上。然后用解剖針从滤纸各个部分取下藻类的斑点,制成显微鏡标本制片。这种方法通常用来了解藻类区系是不完全的,因为通过滤纸能很好生长起来的多半是蓝綠藻类,而綠藻和硅藻类則生长差得多。方法优点在于生长起来的藻类有可能保藏起来。为此,只要把滤纸块取下,置于具有 4 %的福尔馬林溶液的小瓶內或是进行干燥即可。

矿物营养液培养法 当制备培养藻类的矿物营养液时,通常都用經过两次蒸餾的蒸餾水,因为在普通蒸餾釜內蒸餾出来的水都含有微量的銅,这对藻类是有毒的。第二次的蒸餾只能利用玻璃器皿和玻璃冷凝器进行。目前已制定有很多适用于各种藻类的营养液配方,但对于土壤藻类,較常用的是下列配方;

布里斯多尔液 (戈列尔	巴赫配方	別聶凱培养液	
的修改)		水	1000毫升
水 1, 1 1, 1	000毫升	NH ₄ NO ₃	0.2克
NaNO ₃	0.25克	CaCl ₂	0.1克
KH ₂ PO ₄	0.25克	K ₂ HPO ₄	0.1克
MgSO ₄	0.15克	MgSO ₄	0.1克
CaCl ₂	0.05克	Fe ₂ Cl ₈	微量
NaCl	0.05克		
Fe ₂ Cl ₆	微量1)		

所有盐类的純度都应很高,若是被研究的土壤的 pH 值已知时,則营养溶液最好也用碳酸氢鈉溶液或是弱的化学純的无机酸配制成同样的 pH (根据需要而配制碱性的或酸性的溶液)。配制好的溶液倒于烧瓶內,每个容量 100—150 毫升的烧瓶 装 50—80毫升的溶液。最好是利用維諾格拉斯基或是克列斯林格烧瓶,其他种器皿也可以。烧瓶用棉花塞好,消毒采用通常的方法。

用金属小匙取一点土壤进行播种,小匙預先在酒精灯上消毒。 土壤应不少于1克,然后,把它均匀地在烧瓶底上鋪成不很薄的一层。播种采用新鮮土样或是风干土样均可。培养最好采取2—3次重复。播种后,瓶塞用蜡紙包扎起来以减少蒸发。

培养物在光照下擱置 2—3 周后,藻类的发育一般就非常明显了。培养物的全部成熟需 2—4 个月。藻类的观察最好随着其发育程度在整个营养期間进行若干次,为此,用在火焰上烧过的白金兜环从烧瓶底和壁上,以及从溶液的表面和内部各取出一小层或小块样品置于載玻片上。同时遵守一切普通的消毒方法。

^{1) &}quot;微量"是指在1000毫升的水中含3滴1%的該盐溶液。

土壤浸出液培养法 土壤浸出液是由 1 分风干土和 3 分蒸馏水振蕩 3 分钟,或是用 4 分蒸馏水和 1 分土壤 振蕩 5 分 钟。然后連土过滤配制而成。第一次渾浊的滤液再倒回过滤。所有其余的操作都和前述的一样。在水液培养的各种方法中,这样的培养法被认为是最符合于自然条件的,其中所发育的藻类种的綜合体,最接近于該土壤中藻类种的实际对比关系。

土壤-矿物溶液培养法 在用上法所制成的土壤浸出液內,在 每 1000 毫升中各加 0.25 克的某种硝酸盐和磷酸鉀。在含有这样丰富营养的土壤浸出液內,土壤綠藻类发育得特别好。

在研究藻类时,广泛的采用 A. H. 达尼洛夫所配制的 溶液作为这种类型的标准培养液,这种溶液是从良好而干燥 的果 园土壤(所謂頁状土)浸制而成。溶液的配方如下:

土壤浸出液		•				250 毫升
水						750 毫升
$Ca(NO_3)_2$.,			0.2克
K_2HPO_4	er en en en en				* 1	0.2 克

对于培养生长在苔蘚上的藻类,所有上述的土壤藻类培养方 法都适用。預先把苔蘚用消了毒的剪刀剪碎,然后播种到培养器 皿內。

生长在树皮、石块、泥炭土等上面的藻类,若当它們大量生长时,則可以不經过培养来鑑定。为此,只要用刀子刮下一部分藻类粉霜层,并用其制成显微鏡标本制片。若是藻类沒有形成 肉眼可見的层斑,或是当它們发育很弱时,可以用一小块这样的基质放在培养皿或柯赫培养皿內,在其中加入少許蒸餾水或是 过滤的自来水,然后放置于光照下。这时,培养皿中的水位不应超过1—2毫米,而藻类无論如何都不应沉浸在水中。在适当的条件下,經过1—2周从这种培养物中,就可以获得鑑定用的藻类标本。

数量統計

关于土壤藻类的数量統計目前研究得还很差。現有的一切方法仅在于統計一克土壤內所含有藻类細胞的数量。若是对每一种的細胞数量都单独进行統計,那么工作就太繁重,它需要播种大量的培养悬浮液,因此,最普遍采用的几种方法都是在显微鏡下直接統計細胞总数。下面介紹其中的两种方法。这些方法的主要缺点: 1)工作量极大;2)不可能分种进行計数;从細胞上至多能区别出最主要的藻类类型;3)对細胞很小的多細胞类型和群体类型只能統計近似数。

进行細胞計数时最簡单的是利用計数板,它是用一块有机玻璃薄片,按最大的盖玻片面积所及的范围,用刀尖在其上刻以許多細密的平行綫紋而制成。

土壤秤量直接計数法 把遵守消毒規則所采集到的少量新鮮土样擱到风干状态,粉碎,然后攪拌。从这些土样中秤出5毫克土,放在計数板上渗和以少量的水滴。把大的土粒除去。在水滴上盖以盖玻片(但水不应溢出盖玻片以外),整个地放在显微鏡下用較高倍数(40倍物鏡)的鏡头进行检查。把所有观察到的細胞都加以統計。观察和計数是沿着計数板上所刻的条紋自上到下从盖玻片的一端依次向另一端順序进行。当第一行观察完毕以后再順次观察相邻的另一行,依此类推。为了移动方便起見,应該利用具有活动载物台的显微鏡(能纵横移动的载物台)。統計出的数字乘以200,即得出1克土壤內的数量。通常都是采用三次秤量的平均数。

經 3. A. 什金娜修改的 C. H. 維諾格拉德斯基的方法 从原始的标本內秤出 1 克土壤放在 4 毫升蒸餾水內振蕩 2—3 分钟,悬浮液沉淀半分钟,然后倒入离心試管內。如此再重复两次,在沉淀物內加 3 毫升的水,并和悬浊液一同倒出,最后把沉淀物弃去。而悬浊液分成大約相等的三份,然后在每秒钟 500 轉的离心机上轉

动 1 分钟或是用手动离心机轉动 2 分钟。这时,把悬浊液弃去而保 留沉淀物。每一份沉淀物,根据所需悬浮液的浓度不同加蒸餾水 到一定的容量(加到10-40毫升),以后就可分别进行研究。在仔 細地振蕩了沉淀物之后,用吸管取出1毫升的悬浮液,一滴一滴放 出,数它有多少滴数,然后取其中的一滴放置于計数板上。在这 情况下, 藻类細胞并不是在整个水滴中都可以在显微鏡視野內数 到,而一次仅能数到5、53或56的部分,也就是說,每一次只能数到 定)。把数得的細胞数乘以一定的系数,即得出該悬浮液內細胞的 数量。此系数是由水滴分数的分母乘以1毫升悬浮液的水滴数,再 乘以悬浮液的总容量(毫升数)即得。(例如只在%滴水內,計数了藻 类的細胞,1毫升悬浮液有24滴、悬浮液总容量为20毫升,則此系 数为5×24×20=2,400)。所有三組悬浮液內統計的数字合計起 来,就是一克土壤內的細胞数量。观察整个标本需要3-5小时。 若是沒有可能立即处理新采集的土壤时,則可把上述1克秤量的 风干土壤固定在4%的福尔馬林溶液內,在密閉的器皿中保藏到 需用时为止。

在显微鏡下观察悬浮液时,主要的困难是在显微鏡視野內不 易区別藻类細胞和土粒以及真菌孢子。若是能用螢光显微鏡来进 行观察,那么問題就容易得多了,因为在紫外光綫下含叶綠素的活 細胞呈現紅光,但用福尔馬林固定后的标本則是例外,因为福尔馬 林的固定液使叶綠素的螢光性消失,此外,应用螢光显微鏡也仅只 能統計藻类細胞的总数,而不能够区別它們在分类上属于哪一系 統群。

(郭秀珍譯,梁家驥、陈昌篤校)

参考文献1)

Визначник прісноводних водоростей УРСР, вип. II, IV, V. 1938—1953.

¹⁾上述参考文献名录中仅包括涉及藻类的研究方法或是整个 叙述藻类研究方法的主要著作,以及藻类的鑑定,但是,不是所有的鑑定文献都能帮助我們鑑定到种。

- Вид. АН УРСР, Київ.
- Воронихин Н. Н. и Е. В. Шляпина. 1949. Водоросли. В кн.: Жизнь пресных вод, т. II. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Голлербах М. М. 1936. К вопросу о составе и распространении водорослей в почве. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. II, Споровые растения, вып. 3.
- Еленкин А. А. Синезеленые водоросли СССР, (в трех книгах). 1936—1949. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Зауер Л. М. 1956. К познанию водорослей растительных ассоциаций Ленинградской области. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. II, Споровые растения, вып. 10.
- Косинская Е. К. 1952. Мезотениевые и гонатозиговые водоросли. Флора споров. растений СССР, т. II. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Определитель низших растений, вып. 1 и 2. 1953. Под. ред. Л. И. Курсанова. Изд. «Советская наука», М.
- Определитель пресноводных водорослей СССР, вып. 1—4, 6, 7. 1951—1955. Под ред. М. М. Голлербаха, В. И. Полянского и В. П. Савича. Изд. «Советская наука», М; то же, вып. 8. 1959. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Ролл Я. В. 1939. Пресноводные водоросли СССР, сем. Oedogoniaceae. Изд. Киевск. гос. унив., Киев.
- Топачевський О. В. і М. Ф. Макаревич. 1955. Короткий визначник прісноводних водоростей УРСР. Вид. «Радянська школа», Київ.
- Флора водорослей континентальных водоемов европейского севера СССР. 1951. Тр. Ботан. инст. АН СССР, сер. II, Споровые растения, вып. 7.
- Штина Э. А. 1956. О методе количественного учета почвенных водорослей. Ботан журн., т. 41, № 9.

土壤微植物区系的研究方法

Т. В. 阿里斯托夫斯卡娅(Аристовская)

(苏联科学院土壤博物館)

引言

按照 B. H. 苏卡乔夫(CykaueB)的观点,土壤微生物的研究应該看成是地植物研究总系統的組成部分。

微生物层片在某种条件下所形成的特性,首先取决于該区域的气候、土壤类型及植被的特性。由于落入土壤内植物残体的化学组成不同,其中发育的优势微生物也就不同。当然,人为的干涉——例如整地及施用不同的肥料——也能够根本地改变土壤微生物过程的强度和土壤微植物区系的组成。

土壤微植物区系一方面是在上述各种因素的影响下形成的, 另一方面它同样也决定着土壤形成过程的方向, 并且在很大程度 上决定着某些高等植物和动物种类在該具体条件下的优势发育。

在土壤微生物和高等植物之間,存在着一定的、有时是非常复杂的相互关系。我們暫把根瘤細菌和菌根真菌等类型的微生物与植物的相互关系擱置一边不談,因为这已超出我們任务之外,現仅簡短的談談高等植物和营独立生活的微植物区系間的关系。

土壤微生物在利用植物根的分泌物,把死植物組織矿物质化的时候,在解除了存在于根部周围土壤內的代謝产物(植物可能因自己的这些代謝产物的积累而引起中毒),它一方面对植物起着特殊的卫生作用,另一方面,它給植物不断提供必需的无机和部分有机营养物质。

但是,微生物幷非經常給植物带来好处。在某些情况下,例

如,在土壤中,当灰分物质或氮素不足的时候,在植物和土壤微植物区系間可能形成竞争的相互关系。某些微生物有时能与植物形成寄生关系,它們发育在植物活的組織上,并破坏它們。

在土壤中,甚至在同一个土层內,微生物的分布也是不均匀的,而在根际范围內形成最繁盛发育的中心。同时,不同的植物具有一定种类組成及生理特性的近根微植物区系。这些微植物区系的特性是取决于植物組織及根分泌物的化学組成。按 E.Ф. 别列佐娃 (Березова, 1948) 的材料,接近禾本科植物的根部,多半是发育着要求蛋白腖及硝酸盐氮素的微生物,在豆科植物的根际部分,以要求氨基酸的微植物区系和生活于无氮介质的微生物占优势。在亚麻近根区中,生存着利用銨盐的微生物。因此,植物的根在自己的四周,选育了一定的微植物区系。随着植物不同的发育阶段,在它的根际中,微植物区系优势种的組成也是經常改变着的。

由于植物是生长在大量各种微生物的环境內,所以在它們之間有着紧密的联系。不存在置身于这些联系之外的情况。

由于土壤微植物区系是植物群落整体的組成部分,因此脱离 了这个整体来研究土壤微植物区系是不可能的,正如若不研究这 个整体的組成成分,以及了解它們之間所存在着的联系,这个整体 也是不可能被全面了解的。

土壤微生物学家,如沙帕(Sappa, 1956)和米洛塞維克(Milosevic, 1956等)試图把土壤微生物当作是植物群落的組成部分, 并研究植被从初期演替阶段过渡到以后各阶段中,土壤微植物区系组成的变化。目前这些工作为数还不多,但是必須认为,它們将逐漸在科学領域中占有巩固的地位,并必定成为土壤-地植物学研究的不可分割的部分。

微生物工作的技术特点

微生物的研究,要求工作人員具有一定的技术, 并只能在专門 为此而設置的实驗室內进行。絕不允許在同一实驗室內旣进行土 壤-化学分析,又同时进行微生物分析。

在建立实驗室时,应該考虑到有一个单独的房間用来洗滌髒 的器皿和消毒。

每个微生物实驗室必須具备:消毒培养基用的消毒鍋、消毒器 皿用的干燥箱、恒溫箱、一架或数架显微鏡(带有油鏡头的)、显微 鏡照明灯,若干个手持放大鏡、培养細菌用的器皿(培养皿、試管、 不同大小的烧瓶、吸管、玻璃刮鏟、載玻片和盖玻片)、反应試剂、試 管架、消毒吸管用的金属筒、白金环及酒精灯等等。

試驗室設备名录詳見В. Л. 奧梅梁斯基(Омелянский, 1940) 以及Г. Л. 謝里別尔(Селибера)、Р. С. 卡茲涅尔松(Кацнельсон)、И.С. 斯卡隆(Скалон)和Г.А. 卡坦斯基(Катанский, 1953) 等所著的书中。

在这里虽然不可能向讀者較詳細地介紹微生物技术的特点, 有兴趣的讀者可参閱上述的这些参考文献,但是我們仍然认为有 必要簡短地叙述一下微生物工作的主要研究方法。

微生物研究工作最重要的准备阶段是培养基、器皿和工具的消毒。

播种时,所用的白金环,在工作过程中都須在酒精灯火焰上消毒。磁的碾鉢可以用酒精擦干净,并在使用之前直接用火烧一下。

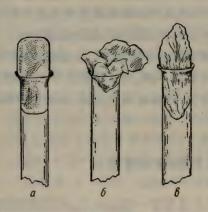


图 1 正确的棉花塞(a)和不正确的棉花塞(δ , a)

玻璃器皿(培养皿,試管,吸管等)用紙包好后,在烘箱內以150—170°C的干热消毒1—2小时。試管消毒之前,用普通棉花紧紧地搓成长約4厘米的圆柱形棉花塞塞好(图1)。当棉花塞从試管內抽出时,不应改变自己的形状。吸管的上端也应用細鉄絲或迴形針的一端塞进

一块长約2—3厘米的棉花。把若干个吸管放在紙上,細的一端放在一头,用紙仔細包好,幷用細绳捆起来。对于吸管的消毒和保存最好是利用金属筒。在把吸管放入金属筒內之前,应把每一根吸管的細的一端用棉花包好。

需要消毒的物品应在烘箱的电門打开之前,就放进去。否則, 玻璃仪器一接触到热空气时可能破裂。同样,当消毒完毕之后,烘 箱門不要立即打开,而須等它冷却之后才可打开。

培养基可在消毒鍋中用間歇蒸汽或高压蒸汽消毒。大家都知道,压力愈大,水沸騰所需的溫度愈高。因此,在消毒鍋中蒸汽的溫度可能超过100°C以上。

在溫度消毒鍋中,溫度、蒸汽压力以及压力計的指示度之間存 在着下列的关系:

溫度	压力(大气压力)	压力計示度(大气压力)
100.0°	1.00	0.00
107.0	1.25	0.25
112.0	1.50	0.50
115.0	1.75	0.75
121.0	2.00	1.00

在用間歇蒸汽消毒时,当蒸汽均匀的排出后,即开始記时間, 消毒半小时。在第二和第三天再重复消毒。所以要进行三次消毒,或称之謂間歇消毒,是因为在100°C时仅杀死細菌的营养細胞,而孢子仍具有生命力。存留下来的、具有生命力的孢子,在第一次消毒之后,經过一昼夜,一般即萌芽,并出現营养細胞,在第二次消毒时,即能被杀死,第三次消毒后,培养基一般都是无菌的了。但是在使用之前还須要驗証。为此,将培养基在溫箱內或是溫暖的地方放置若干天,假如在这个时間內,培养基中沒有生长微生物(在培养基上呈現有混浊、菌膜或沉淀),則可用来播种。

在培养基的組成內如有易受高溫破坏的物质(如蔗糖)时,則应用間歇消毒。

采用一次的高压蒸汽消毒是比較可靠的,因为在大多数情况下,能保証把微生物的营养細胞及孢子都杀死。根据消毒材料的

性质不同,蒸汽温度可以提高到 112—115°C 和以上。

当用高压蒸汽消毒时,先把消毒鍋中所有的空气排出之后,才 关上排气开关,并留心压力計的上升。当压力升到所需的数值时, 則减低消毒鍋的加热,这时开始記时,消毒到所需的时間为止。当 压力計是 0.5 气压时,則消毒材料一般須消毒半小时,而当 0.75 气压时則消毒 20 分钟。但是在有些情况下,仍需要比較长的消毒 时間,因为某些細菌的孢子对高溫有强的抵抗性。特別对馬鈴薯 培养基及含有白堊粉的培养基須要更加小心处理。

消毒时間到了之后,关上消毒鍋的电路,等压力下降到零时, 打开排气开关。只有此后,才可以打开消毒鍋盖子, 并取出消毒材料。

在消毒鍋內消毒液体或固体培养基时,一般都是把它們装在 試管、烧瓶或小瓶內, 并以棉花塞塞好。消毒材料一般不超过器皿 容积的%, 因为在消毒时, 培养基将要煮沸, 并可能溢出。将培养基 放进消毒鍋以后, 为了在消毒时不使棉花塞沾湿, 其表面用紙或是 油布盖上。最好在每个烧瓶或小瓶的頸部套上紙罩, 此紙罩在培 养基的今后保存时, 可以保护棉花塞免染灰尘。

为了驗証培养基消毒是否彻底,把消了毒的培养基 在溫暖的 地方放置几天,只有驗証无菌以后,才可播种。播种是用白金环、 白金刮鏟或吸管来进行。播种的方法如下:右手拿着白金环,左 手拿着播种材料的試管及培养基試管,把白金环仔細地在酒精灯 焰上烧一下,然后用右手的第五个或四、五二个指头夹住棉花塞, 样把它从試管內拔出来,把試管口的边緣烧一下,然后即从一个带 有菌种的試管挑出少許播种材料轉到另一个試管內。此后再在火 焰上把棉花塞及試管边緣烧一下,即将試管塞紧。白金环使过后, 也需要在火焰上消毒。当播种液体材料时,可用消过毒的吸管代 替白金环。因为它可以滴量播种材料的数量。用完的吸管,放进 盛有水的玻璃罐內,其中最好还加入某些防腐剂。

培养基接种之后,放进溫箱內培养,溫箱的溫度应預先即調整 到适于該菌生长的恒溫。 对不喜溫的腐生菌多半可在25—28℃ 下培养。若沒有溫箱,土壤微生物(除喜溫的)也可在室溫条件下培养。

为了識別培养出来的微生物的形态,必須进行显微鏡鑑定,在本文范围內,我們不可能描写显微鏡的构造及显微鏡观察技术。在这方面,大多数的生物学家对这些問題都是有足够的知識。若有必要时,有关这方面的所有材料在任何一本微生物实习指南中,都有詳細的叙述。例如在B. Л. 奥梅梁斯基(1940),Г. Л. 謝里別尔、P. С. 卡茲湟尔松等(1953)和3. Г. 拉祖莫夫斯卡婭(Разумовская)、М. С. 洛依揚斯卡婭(Лойцянская)、Г. Я. 秋日克(Чижик)和Н. М. 米久紹娃(Митюшова, 1955)等的书中均有介紹。在开始制作显微鏡玻片标本之先,必須准备清洁的、沒有油脂的玻片,因为在有油脂的玻片上不可能获得很好的染色片。

載玻片开始时应仔細地用热肥皂水或是用鉻化物溶液洗滌,然后,保存在酒精乙醚溶液內(1:1)。酒精乙醚溶液先是装在带有毛玻璃盖的玻璃罐里,然后把玻片放进去。玻片在使用之前,从玻璃罐中取出,用洁净的布巾擦净,然后在其上滴上一滴所要研究的液体材料。假如被研究的菌种是取自液体培养基,則簡单地滴一滴长有細菌的液体培养基到玻片上即可。假如需要鏡检洋菜培养基或是其他浓縮培养基上的細菌菌膜时,先用白金环取出一点所研究的材料,置于少量的水中振蕩,以便获得悬浮液。然后滴一滴这样的悬浮液到載玻片上,就可以进行鏡检工作。

对每一个新的研究对象,一般开始是鏡检活的状态。为此,将 滴有菌种的載玻片盖上盖玻片,并用显微鏡的低倍及中倍鏡头进 行观察。然后,在盖玻片上滴上几滴香柏油,并把油鏡头放到油內 反复的进行油鏡观察。对活的細菌进行显微鏡观察时,可以确定 它們能不能运动,并注意这种运动的特点等。

玻片标本染色以后,能更詳細地識別細胞的构造。在染了色的玻片标本上很容易区别营养細胞和孢子柄,并可观察到粘液膜及不同的內含物,而这些在活細胞內是見不到或是看不清楚的。

在准备染色玻片标本时, 先把带有研究材料的液体用白金环

在玻片上均匀地涂成薄层, 并将玻片标本放在空气中干燥。干燥了的涂片須要固定。为此,把玻片的涂面向上,在酒精灯上来回烧3—4次,結果微生物細胞就紧紧的固着在玻片的表面。用不同的液体也同样可以固定涂片,这些液体的配方在上述的书籍里都有介紹。把涂片固定以后,即可以着手染色。染色的方法很多,选择哪种方法, 則取决于研究的目的。土壤細菌最普通的染色方法是用石碳酸藻紅染色。这个溶液的配制是. 溶解1克干的藻紅到100毫升的5%的水溶性石碳酸溶液里。此法配制的染剂可储藏到較长的时間。玻片进行染色时,在玻片上滴上几滴染剂,經过20—30分钟,用水洗掉染剂。干燥后的染色片,不須要加盖玻片,用油鏡头观察即可。

当确定細菌的分类系統位置时,按格兰姆法染色具有很大的意义。对于这种染色須要准备若干种溶液。

- 1. 石碳酸龙胆紫: 1克干燥的龙胆紫溶解到 100 毫升 的酒精里,再将此溶剂倒入 100 毫升 5%的水溶性石碳酸溶液內。为了使染剂更加清澈,可在上述染剂內再加一些酒精。
- 2. 留戈尔溶液: 2克的碘化鉀溶解到5毫升的水中,然后在 此溶液內再溶解1克磨碎了的結晶碘。最后将此溶液用水加到 300毫升。
- 3. 苯胺紅(复紅): 30 克干的苯胺紅溶解到 300 毫升的 96° 酒精里。取 10 或 20 毫升上述的飽和溶液相应地加以 90 或 80 毫升的水。

格兰姆染色法如下: 在火焰上固定了的玻片标本,用一小块滤紙盖上,其上滴以石碳酸龙胆紫,經过2-3分钟,将滤紙除去,用水冲洗玻片,再在涂剂上滴以留戈尔溶液,經过1-2分钟后,再用水冲洗玻片,并用酒精加工以便使涂剂股色。股色是先把酒精倒入量杯,然后把玻片在酒精內来回地浸入和取出数次。同样也可以用吸管把酒精滴到染色片上股色。股色的时間一般继續到数秒钟(直到染色片在酒精里不再掉色为止)。用酒精处理时,格兰姆阳性反应的細菌保留着染色,而格兰姆阴性反应的細菌則股色。

在染色片脱色之后,用水清洗, 并再用苯胺紅染色 2—3 分钟。按格兰姆法染色的細胞将呈紫色,而未染色的呈紅色。

应該指出,某些微生物对格兰姆染色的能力并不經常表現出稳定的特征。有时,随着年龄的增长,格兰姆阳性反应的細菌細胞部分也会丧失这种能力。因此,为了解决某些有机体与格兰姆法染色的关系問題,最好采用年青的菌株,而染色工作的本身应該在有对照的情况下进行。为此,在同一个玻片上做三个涂片,以后同时染色。将所要研究的菌株涂于正中,两边涂以格兰姆阳性及阴性反应的菌株。这样,在有怀疑的情况之下,就可能做出比較正确的結果。

在确定細菌的种类时,仅从它們的外部形态特征及对格兰姆氏染色关系来判断是不够的。为此,必須获得所謂的純菌株,也就是从一个种的細胞中分离的菌株。获取純菌株的方法很多,但是最簡单而又普通的是从一个菌落中取得菌株。此法是把想分离的微生物混合物,用消毒水稀释,并播种到带有固体培养基的培养皿内(播种方法在下面叙述),經过几天,在培养皿中就出現个別的微生物菌落。可以认为,每个菌落是由一个原始的細胞繁殖而来,因而是由同一种微生物的細胞所組成。 揭开培养皿,用預先烧过的白金环,挑取单个菌落的一部分,小心地接种到带有新鲜培养基的试管中。用此法取得的菌株必須用細菌鏡检法和在固体培养基上继續播种来驗証其純度。假如菌落是純净的,那么在培养皿中长出的是相同的菌落。

但是在許多的情况之下,获得純菌株是十分复杂及困难的任务。某些种細菌經常是与其所伴生的其它种类紧密地联結在一起,形成共同的菌落。因此想用播种方法从一个菌落中分开它們是不可能的。在这样的情况下,可以用不同系統的微控制器从一个細胞內分离純菌株。最普通的这种微控制器类型是别尔菲梅夫型的微选择器。該仪器在 3. Γ. 拉祖莫夫斯卡娅等人(1955)合著的书中有着介紹。应該指出,这种机械方法分离菌株也不是經常能成功的,因为在某些种菌中分离出来的单細胞并沒有繁殖能力,或是

在这样的条件下,对于它們的繁殖,須要在培养基內补加某些其他的营养物质。寻找这种分离的单細胞所必需的条件并不是經常容易的,到目前为止,已知的很多种微生物还沒有获得过純菌株。

用某种純菌株法来进行种的鑑定是須要化費很多时間及劳力的,因为鑑定工作須在它們的形态、培养及生理特性綜合的基础上进行。在許多情况下,并不能鑑定到种,很多研究者仅能鑑定到属,或甚至到組为止。在鑑定时,建議应用 H. A. 克拉西 里尼可夫(Красильников, 1949)的检索表。在 Д. М. 諾沃格魯德斯基(Новогрудский, 1956)一书中也有真菌、細菌和放綫菌的簡单检索表。

在路綫及定位研究时微生物研究的组织

由于微生物研究方法的复杂性及繁重性,微生物学家的工作, 在路綫調查条件下,多半只能限于采取和保存土壤样品以便以后 在实驗室內研究。在野外直接可做的,仅只是最普通的,不須要繁 杂的实驗室設备就可进行的一些工作,如:埋片及其观察,用显微 鏡直接計数法統計微生物的数量(参看下面),以及其他某些工作。

在出发去野外之前,須要提早准备相应的材料及設备。微生物学者必須随身带有消毒的用不吸水的紙做成的土壤采集袋(最好是双层的)。紙袋的大小以装下300—500克土壤为宜。在消毒以前,把每5—10个紙袋一叠包在一张紙內,幷用細绳捆扎起来保存。消毒是用150°C的干热蒸汽进行两小时。在更高的温度下紙就容易变碎而不适用了。紙袋也可在115—120°C的消毒鍋中消毒半小时(压力計的压力是0.75—1.0大气压)。在这种情况下,特别重要的是紙袋必須仔細地包在紙內,以免消毒时被蒸汽浸湿。

如果在野外除了采取以后分析用的土样之外,不打算进行任何其它工作时,那么只要将紙袋放进小箱內,幷随身携带着寬的土壤刀及野外記录本就行了。若是要对土壤微生物区系的組成及数量即使是进行最簡单的观察,也都必須具备带有油鏡头的生物显微鏡、載玻片(几百个)、酒精灯、洋菜、0.01毫升的微吸管、250毫

升的烧瓶及染色用的石碳酸藻紅染液。

在定位观察站里最好成立实驗室,在这实驗室內要求能够对 土壤微植物区系进行全部的微生物分析工作,包括种的鑑定以及 最主要代表的生物学特性的研究等。

土壤微植物区系的研究方法

現有的土壤微生物研究方法,概括地可以分为两大类;其中一 类是不須要預先采集土壤样本,仅用非常簡单的方法就可以进行 的。另外一类就須要将土壤样本采回到实驗室来。

埋片法

在自然界中,直接研究土壤微生物层片的最簡单而同时又是最通用的方法是 Н. Г. 霍洛德內(Холодный) 氏的埋片法,以及由其他作者对霍洛德內氏的方法所建議的修改法。

此法是将洗净的干燥載玻片垂直地放进須研究的土壤內(玻片长的一边与土壤表面垂直)。为此,用刀子在土壤表面上做成一个垂直的剖面,取出刀子后,把玻片放到剖面里(图 2)。玻片的上面用挖出的土覆盖起来,靠近玻片的附近做以标志。玻片在土壤中放置的时間是根据季节及气候条件而定,通常須埋几天到几个星期。这时,在紧靠土壤的玻片表面上,就发育着該土壤的微生物层片。

从土壤中取出玻片須要很小心,最好不要破坏該土壤微生物在玻片表面所形成的特有的空間分布。为此,开始时,用刀子把玻片一面的土壤去掉(即今后不进行研究的一面),然后很快的把玻片向另一面翻开。取出玻片时,用手拿着玻片的边沿,把准备研究的一面向上,朝下的另一面用一小块棉花擦干净,并在酒精灯上固定。固定之后,去掉紧粘在玻片上的大粒土壤,因为它們可能影响鏡检。为此,将玻片的涂面朝下放进水中。这样土粒即落到

容器的底部。将玻片从水中取出之后,拿到水龙头下冲洗,然后用 石碳酸藻紅染色半小时。染了色的玻片再用細水冲洗,凉干,即可 进行显微鏡检查。

А. В. 雷巴尔金娜(Рыбалкина)和 Е. В. 科諾年科(Кононенко, 1953, 1957) 对 Н. Г. 霍洛德內的方法作了某些修改。为了在玻片上刺激微生物更快的发育,这些作者提議在玻片上預先涂一薄层含有热能物质和矿物盐的洋菜培养基。也可以簡单地用水洋菜滴到玻片上。当有热能物质存在时,微生物的发育要快得多,上述作者所用的培养基成分如下:

水 / 1000	毫升
(NH ₄) ₂ SO ₄	2克
K ₂ HPO ₄	1克
MgSO ₄	1克
NaCl Control of the C	1克
淀粉	10克
自聖粉	3克
洋菜	15克

为了去掉在培养基内含有的微生物細胞,在用鸡蛋白預先制备好的培养基内,加些白堊粉(GaCO₈)。制备的方法如下:用一个鸡蛋的蛋白与两倍的水进行振蕩,注入到500毫升冷却到50℃的培养基内。然后,将培养基剧烈地振蕩,并在水浴鍋上放置半小时,以便使蛋白凝固。此后,用滤紙将培养基在热漏斗上或放在消毒鍋中进行热过滤。

为了驗証此培养基的适用性,在載玻片上預先滴几滴这种洋菜培养基进行干燥、固定、染色和鏡检,以便确实証明其中沒有微生物細胞。如果确认培养基是适于今后工作之用(沒有微生物細胞),則在培养基內再加白堊粉,最后在每个試管內倒入4—5毫升的培养基,在消毒鍋中用0.75大气压消毒半小时。

預先消毒好了的玻片应在洁净的箱內浇注培养基。为此,把培养基在热浴鍋上溶解,同时,用火烧过了的镊子夹住玻片的一端,在火焰上烧过后,斜放在消毒了的培养皿上。用吸管在玻片表面浇

注約0.15—0.20毫升的培养基,多余的培养基便流入培养皿内。培养基应該均匀的分布在玻片的表面。仅用镊子夹住的那部分沒有培养基。玻片浇注后,在每个培养皿內各放4—5个,并置于35—45°C的溫箱中进行干燥。此时培养皿的盖子应稍微揭开一点。

干燥的玻片連同培养皿一起放进罐子里,然后用火烧过的镊子将每对玻片以带有培养基的一面两两叠合起来,用消毒紙包好,最后再将若干对玻片用大紙包起来。

为了驗証消毒是否彻底,应先把几个具有洋菜培养基的玻片 放到恒溫箱的保湿器皿內(带有湿滤紙的培养皿或柯赫皿)擱置 24—48 小时,然后干燥、固定、染色及鏡检。

当把这样的玻片埋放到土內去时,应先在需要的土层中挖一个 6—10 厘米深的沟,在沟的后壁用鏟子鏟一条垂直的縫,把玻片插在縫內,幷用鏟子把带有培养基的玻片一面紧紧压靠土壤,再用土壤把玻片的另一面压紧,然后这个沟用挖出来的土覆盖好。

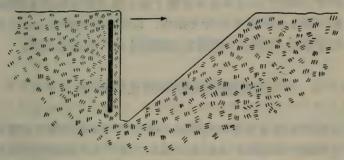


图 2 玻片在土壤內的位置

玻片在土壤中埋藏的时間取决于一系列的条件,首先是溫度 及湿度条件。在溫暖天气,有时数天就行了,在冷天或是干燥天气 內微生物在埋片上的生长很慢,这时玻片在土壤中埋藏的时間将 要延长到几个星期或更久些。

在土壤中,洋菜培养基易于膨脹,因此,取出埋片时須要更加 小心。取出来的玻片,在空气中干燥。在野外,用鋨酸蒸汽固定, 然后就这样送到实驗室去,以便进行进一步的处理。 在实驗室內,玻片用石碳酸藻紅溶液(1%的藻紅溶到5%的石碳酸溶液)染色一小时。从玻片上洗去染料时,須要非常小心,以免損坏洋菜培养基。 为此,可将玻片放到一个盛有清水的玻璃杯內清洗,然后再換到另一杯清水內,如此,一直換到杯內水不再变色为止。染了色的玻片干燥后就可以进行鏡检。

先用低倍鏡观察染色的玻片,这时,是察看微生物一般生长特 征及它們的相对密度。当詳細研究微生物菌落时,还应利用油鏡观 察。

在埋片上可以区別出藻类、填菌、放綫菌、芽孢及无芽孢細菌。 埋片法可以观察在自然状态下的土壤微植物区系。这就是它的主要优点。 但是,用这个方法不可能判断出微生物在土壤中的活动性以及其生物化学反应和微生物过程的优势方向。这个方法的局限性另外还表現在仅看到显微鏡下的一般景象,不能确定各个群落成分所属的种,因为鑑定种属必须应用純菌株进行生理特性的研究。用埋片法同样也不可能了解土壤中微生物的正确数量。为了研究微生物的数量和种类組成,以及研究它們的生理特性和生物化学反应,必须采用新鮮的土壤样本进行实驗室研究。

土壤微生物分析的土样采集

土样的采集是很重要的任务,因为它要求选择能代表某地区 土被主要特性的地点。土样最好是从土壤学家所設置的土坑內采 集。在生荒地上应从每个层次內分別采取土样,这时应先自最深 的层次开始,然后再逐次向上层采集。

在采集土样时,可应用不消毒的寬土壤刀。将此刀在被研究的土层中来回地摩擦数次,从土中取出后,再用該层土壤把刀擦净。 所采取的土样最好用消毒的厚紙袋貯藏最为方便,在每个紙袋中盛300—500克土样。在紙袋上用普通鉛笔写上日期,剖面号碼及土壤层次;有关采样的詳細情况登記在野外日記簿上,其中包括記載該地区的植被和天气情况等。 在研究熟化土壤时,是采取所謂的平均土样,这种土样是把研究区域內若干个調查点上所采集的各个土样混合而成。然而,在同一个地段上最好还是采取若干个单独的土样,因为这不仅有助于了解該微植物区系的某些平均数值,而且还能說明被研究地区不同点上微植物区系质的組成和数量的变动范围。遗憾的是,由于微生物研究的工作量很大,并非經常有可能这样做,因而通常只好采取一个平均土样。

由于在一年中,土壤微植物区系有着很大的季节性变化,因此建議在一年內进行多次研究,即使是在生长期內能进行2—3次也好。

对于研究与植物根系有关的微植物区系,則上述的取土方法是不适用的。在这种情况下,应选择該地段有代表性的植物,在其下采取面积为10×10或15×15厘米及深度为15—20厘米的整段标本。整段标本应紧紧地用紙包起来放进箱子或盒里,并送到实驗室去。

微生物分析

所采取的土样应尽可能在新鮮状态时即进行分析,因为当它們在实驗室条件下保存时,不同微生物类群間的关系可能发生剧烈的变化。在苏联一般是在采取土壤后,不迟于一昼夜即进行分析。某些国外研究者(Pochon, 1954)认为在室溫条件下保存土壤,在三星期內微生物区系仍将保持其稳定状态,并不妨碍分析結果的正确性。

假如由于某种原因不能用新鮮土样进行工作时,研究人員不得不利用在实驗室內保存了較长时間的干土壤。 这时,可以采用某些人工方法使土壤微植物区系預先活跃起来。为此,把土壤放到玻璃杯或柯赫培养皿內,用蒸餾水使共湿潤到最适宜的湿度(土壤含水量約40—60%),并在恒溫箱或室溫条件下放置5—7天。

在土壤中,由于湿度的影响,恢复了它們固有的微生物学过

程,在某种程度上也可恢复干燥时候被破坏了的各类群微生物之間的平衡。

用这种方法所活跃起来的土壤样本, 其以后的分析方法与新 鮮土样相同。但是, 当研究微植物区系的季节动态或是研究植物根 际微生物时, 此方法則不适用。在这种情况下, 只能应用新鮮采集 的材料。

在研究一般土壤微植物区系时,采用下列方法。在分析之前,每个土样都仔細地混合,使得土样充分的均匀。因为微生物分析結果的計算須換算成一克干土的数量,因而必須首先确定它們的含水量。含水量应該在該土样微生物分析之前即确定,因为这样使我們可能立即把土样換算成相当于干土的重量,使研究者避免以后不必要的換算。当确定土壤含水量时,在技术天平上預先称好土壤盒重,再称5—10克土壤于95—100°C溫度下烘干到恒重。

土样的微生物分析可用不同的方法进行。但是为了使材料能 互相比較起見,則所有的土样必須用同一种方法进行研究。

目前,微生物学还沒有某种万能的方法可以用来統計所有的 土壤微植物区系。現有方法中,每一种仅能发現一定部分定居在 土壤中的微生物。因而在进行研究时,一般同时采用若干种方法, 互相补充,最終即可对所研究的微植物区系的特性形成一个总的 概念。

尽管在每一个土壤中微生物的数量并不是固定的,但通常仍 认为,在生物性能活跃的土壤中,在大部分情况下多半有大量的微 植物区系。因此,在研究土壤微生物时,首先确定土壤中微生物的 总数。为此目的,或是应用所謂直接計数法,或是用菌落統計法 (平板稀释法),而应用极限稀释法的較少。

微生物的直接計数法

由 C. H. 維諾格拉德斯基(Виноградский)所制定的土壤微生物数量直接計数法,在目前是众所周知的。但是通常应用的不是原

有的方法,而是修改了的方法。

由 O. Γ. 舒尔金娜(Омелянский, 1940) 所建議的修改法是最簡单而易行的。采用这种方法須要具备带有油鏡头的显微鏡、接物測微尺、洋菜、純酒精、石碳酸藻紅及洁净的載玻片。秤 0.1 克洋菜放到 100 毫升开水中。 在使用之前,直接制备成的洋菜溶液不須要預先消毒就可以即刻应用。

为了計算微生物数量,先秤5克須要研究的土壤,放到盛有50毫升消毒水的容量为250毫升的烧瓶內,用手将烧瓶搖蕩5分钟,再靜置1一2秒钟,以便使大土粒沉淀,然后即可制做涂片。这时,先把洁净的載玻片放在一小块坐标紙上,然后在此載玻片上用微吸管恰好滴上0.01毫升的土壤悬浮液,使其均匀分布在4平方厘米的面积內。

将制好的涂片风干,浇上洋菜溶液,再重新风干,用純酒精固定2分钟。固定了的涂片用水漂洗后,再用石碳酸藻紅染色20—30分钟,然后再冲洗、风干,即可在显微鏡下以油鏡头观察。在計数时,須观察100个視野,統計其微生物数量,然后再計算一个視野里微生物的平均数。为了換算成土壤的整个秤量重,就須要确定視野的面积。这时,可将測微尺放在載物台上来确定視野的面积。用測微尺将視野的直径(R)求出以后,計算出它們的面积,这个面积等于3.14 R²。

以后的換算就不很困难了,因为所留下的仅仅是确定玻片上整个涂片面积的微生物总数(即 0.01 毫升土壤悬浮液內的数量)。 然后換算成一克土壤重的微生物数量。

在显微鏡下的直接計数法,在大多数情况下,比同种土壤在各种培养基上播种所統計出的微植物数量要多些。但是此方法仍有缺点,这个方法的錯誤来源之一就是不可能区别活細胞和死細胞。

此外,非常小的,处于显微鏡能見边界的某些細菌的細胞,有时它們的数量极多(特別在北方土壤內)。用这种方法就数不到。还有一部份細菌是被吸着在土粒上,它們也同样会被研究者忽略。

細菌被土壤胶粒所吸着的現象,用 Ф. Н. 盖尔曼諾夫所建議的方法 (参閱 Омелянский, 1940) 在某种程度上可以使它减弱,不过这使得工作方法复杂化,使工作量加大。

按 J. M. 諾沃格魯德斯基法确定微生物总数

对于确定土壤微生物的总数, J. M. 諾沃格魯德斯基的方法同样也是最簡单和最方便的,它不仅可以統計土壤微植物区系的总数,在某种程度上,还可以同时統計其质的組成。应用这个方法,不須要具有很好的实驗室設备,而且在最簡单的半定位試驗条件下也可采用。所有必需的設备是:显微鏡、技术天平、土壤篩、酒精灯、带有培养基的培养皿。此法的原則是秤一定重量的风干土壤細粒播种到洋菜水溶液里,使它們在其中萌芽。因为洋菜水溶液是很貧瘠的营养基质,微生物发育时多半是利用土壤本身所带有的有机物和矿物质。

假如考虑在半定位条件下采用 J. M. 諾沃格 魯德 斯基的方法,則出发到野外之前,必須事先准备足够数量的消过毒的培养皿及洋菜水溶液。培养皿每 3—5 个一叠用紙包好,在干燥箱 內以150—170°C 溫度进行消毒。洋菜水溶液的准备是把 15—20 克洋菜溶解到 1000 毫升的自来水中。准备好的培养基在热的状态下經过股脂棉花进行过滤,并倒入小烧瓶或小瓶內。在消毒鍋中以0.75大气压力进行消毒。需要使用时,把培养基溶化。为此,将烧瓶放在盛有开水的鋼精鍋內或放进水浴鍋內即可,然后倒进培养皿內。当水琼胶培养基在培养皿內凝固后即可以进行播种。把需要研究的风干土样,用0.25毫米的篩子过篩,然后把篩过的土壤細粒种出25或50克(根据土壤性质决定),均匀的撒在培养基表面,撒播土壤細粒最好借助于专門为此而准备的玻璃漏斗,此漏斗是用带有开关的滴定管截断而成。把一定秤量的土壤放到漏斗中去,輕輕打开开关,并斜握着漏斗,慢慢的把土壤細粒撒到洋菜培养基的表面。每一个土样播种若干个重复。把播了种的培养皿底朝上用墨

汁或蜡笔写上字,并放到恒溫箱內或放置在室溫条件下使其萌芽。在培养基上,土壤細粒的周围很快形成水膜,經过一些时候微生物即开始发育。播种后經过1—2昼夜,用显微鏡統計在土壤細粒上发育的真菌。其菌絲体用低倍显微鏡在水洋菜培养基表面很容易看到。再較晚一些时候,統計真菌就不可能了,因为它們的菌絲体扩散到整个培养皿。統計水膜內的細菌应在播种以后的3—5天內进行,而統計放綫菌則在播种后的10—15天。上述所有微生物的統計都是在同一个培养皿內进行的。

在計數时,为了不使空气中的微生物区系感染到培养基表面, 用玻璃管挖出五小块直径各为1厘米的培养基薄膜(在中間取一个,其余的在四周),把这个薄膜移到載玻片上去,用刀片沿直径 綫平行的切成四份,每一份再分成二个小条,分别进行显微鏡观察。在用低倍鏡观察时,整个小条都可在視野之內看到,这就使計数容易得多了。将活性細粒的总数換算成洋菜膜的总面积,然后再換算成土壤細粒的克数。

Д. М. 諾沃格魯德斯基的方法, 比用土壤悬浮液播种到其他 固体或液体培养基上的方法优越。它可以对土壤中微生物自然相 互关系获得比較正确的概念。

以平板稀释法确定微生物数量

在微生物学中, 不板稀释法是計算数量的最普通的方法。此法是用土壤悬浮液播种在固体培养基上, 然后統計所长出来的菌落。可以认为每一个菌落是由一个細胞繁殖而来。因而长出来的菌落数应該与播种材料中的微生物数量相符合。实际上, 并不全是这样, 因为部份的菌落可能是由几个細胞組成。同时, 并不是土壤中所有的微生物都能生长在所采用的培养基上, 因而, 用这个方法, 只能統計对該条件非常适合的那一部份土壤微植物区系。

因为生活在土壤中的微生物对生长条件的要求 是 极 不 相同的。不可能創造一种万能的对所有土壤微生物皆适宜的培养基。

因此,一般采用牛肉汁-蛋白陳培养基計算細菌数量,用麦芽汁培养基統計真菌,而用淀粉氨培养基計算放綫菌。

牛肉汁-蛋白陳培养基准备方法如下,将牛肉除去脂肪、膜及筋幷用肉刀切碎。在500克碎肉中加入1000毫升的水,在冷的地方放置16—20小时。然后,用洁净的布挤榨碎肉,将所取得的浸液煮沸30分钟。当煮沸时蛋白质即凝固,这时进行过滤除去蛋白质。所取得的滤液用水加到开始时的容积,并在消毒鍋中用120°C温度消毒20分钟(約一个大气压力)。这样的牛肉汁即可备用。牛肉汁-蛋白陳培养基就是用这种牛肉汁在其中溶以干的蛋白腺及食盐而成。在1000毫升的牛肉汁里加进10克蛋白腺及5克的食盐。因为牛肉汁是弱酸性反应,因此所获得的汁液应仔細地用10%苏打或氢氧化鈉使之碱化,用石蕊試剂試驗呈弱碱性反应即可,然后煮沸或热蒸使汁液的蛋白质凝固,并在热的条件下进行过滤。在所获得的透明汁液内加入洋菜,每1公升内加入20克。在煮沸时,溶解洋菜,然后倒进各烧瓶内,并在消毒鍋中用0.75个大气压(压力計示数)消毒20分钟。消了毒的培养基必须放在凉爽的地方,以防止干燥。

麦芽汁培养基的制备,是在啤酒酿造厂取得麦芽汁,并用 2.5—3 倍水稀释,然后加入洋菜(1000毫升加20克),在 0.5 气压下或用圆歇蒸汽消毒半小时。

淀粉氨培养基的制备方法如下,在1,000毫升的蒸餾水中順 序溶解下列各种盐类,

(NH ₄) ₂ SO ₄		1克
K ₂ HPO ₄		1克
MgSO ₄	.*	1克
NaCl		1克
自坚粉		3克

把少量准备好的溶液倒入化学烧杯內,再加入 10 克的淀粉。 将所剩余的溶液煮开,并在不断搅拌的情况下,将上述烧杯內的溶液倒入煮开了的液体中。然后加 20 克洋菜,将培养基煮沸使洋菜 完全溶化,再倒进烧瓶內,在0.75大气压力下消毒。

土壤样本应該在播种之前即預先准备好。为此,在消毒的瓷碾 鉢內将它們碾碎,以便使大块土壤粉碎,并使土粒具有同样均匀的 結构,除去根及小石块。碾鉢的消毒是用酒精擦后,再用火烧。

把磨碎了的土壤秤出相当于5克干土重的数量,置于盛有50毫升消毒水的烧瓶内。为了获得均匀的悬浮液,应用手或搖床剧烈地振蕩10分钟。但是在这样的土壤悬浮液里仍含有非常多的微生物,为了播种后,在固体培养基上可以生长单个的菌落,此悬浮液开始时应进行一系列的稀释,每一次稀释液比前一次稀释液中含有的微生物数量要少10倍。稀释时,先在各个試管里准备消毒水。每一个試管內裝9毫升的水,用蜡笔順序写上号碼及土壤样品的編号。用消毒的吸管自装有土壤悬浮液的烧瓶內吸出1毫升悬浮液到第一个試管中即形成第一次稀释液,把該試管內的液体用吸管吹气使之很好的拌匀。从第一个試管再取出1毫升液体至第二个試管中即获得第二次稀释液,依此类推。对于每一次稀释液都須用新的消毒吸管,因此必須預先准备好足够数量的消毒吸管。

在培养皿的固体培养基上进行播种时,可同时播种若干个稀释液。播种前,在每个培养皿的盖上用墨汁或蜡笔写上土壤試样的号碼、播种时稀释液的次数及日期。由于土壤性质及培养基成分的不同,一般都是用第二、第三和第四次的,或是第三,第四和第五次的稀释液来播种。在某些情况下还采用第六次的稀释液。播种的技术可能是各种各样的。在一种情况下,是把溶化了的培养基倒入培养皿内,当培养基凝固后,将培养皿放至恒温箱內使其略微干燥。此后即可进行播种。用消毒的吸管吸 0.5 毫升所須稀释度的土壤悬浮液到培养基表面,并用玻璃刮缝使其均匀的分布在培养皿内。同一个土样的培养皿可以用同一个消毒吸管进行播种,在这个时候,应开始先播浓度最稀的稀释液,然后再播較浓的稀释液。

有些研究者是先在空的消了毒的培养皿底部滴入 1 毫升土壤 悬浮液,紧接着将温的(不烫的)培养基倒进此培养皿內,輕輕地搖 幌培养皿,使整个播种材料均匀地分布。用这种方法播种,部份的 菌落幷不在培养基表面而是在其底部生长,这就往往对它們的鑑定增加很大的困难。播了种的培养皿使底部向上,放到溫箱中去。

所有的播种建議都做若干个重复,每一个悬浮液同时播 3—5 个培养皿。生长在牛肉汁-蛋白胰培养基上的菌落在播种后的3—4 天即应进行計数。以后,菌落即往往极力扩张,互相連結一起, 这时要进行計数就不可能了。在計数时,只应統計菌落 数量 在 20—200 之間的培养皿。因为菌落数过多或太少时,都会影响結果 的正确性。在統計很小的菌落时,可以应用放大鏡。每一个統計过 了的菌落可在培养皿底部靠近菌落的旁边用墨水或墨汁点一个小 点以做标志。

在牛肉汁-蛋白陳培养基上,絕大部分生长的是細菌菌落,部份是放綫菌,仅在个別情况下才生长着真菌。真菌、細菌及放綫菌的菌落必須分別計数。然而,为了了解該土壤內这些微生物类群之間的数量比例,不能仅应用一种培养基,而必須采用若干种培养基。因为牛肉汁-蛋白陳培养基对霉菌来說并不是最适宜的。如上所述,它們的数量統計应在麦芽汁培养基內进行。其菌落的数量統計应在播种后的第三天进行,而过一星期后,再重新鏡检培养皿以便鑑定其种属。統計放綫菌是用淀粉氨培养基,其菌落的計数是在播种后的7—10天內进行。

某些微生物的优势对土壤微植物区系的鑑別来說,是很重要的特征。在生物学上活跃的肥沃土壤中,霉菌的相对含量一般来說 比細菌要少。相反的,在北方灰壤类型的貧瘠淋溶土壤內,眞菌在 它們的微生物区系中是很重要的部份。

在培养皿中,生长的放綫菌菌落和細菌菌落可以从气生菌絲上区別出来。放綫菌的气生菌絲可能染成各种顏色(灰的、黃的、玫瑰色等)。除此之外,放綫菌的菌落紧密的生长在培养基內,要把它們从培养基內挑出来是很困难的,而絕大多数的細菌菌落用自金环是很容易从培养基中取得。但是某些微小的放綫菌菌落有时毕竟仍是很象細菌菌落,为了确定它們的特性,必須用显微鏡。为此,将培养皿放置在显微鏡的載物台上,在低倍鏡下观察所怀疑

的菌落的边緣。若是放綫菌菌落則具有細的菌絲体。放綫菌与霉菌菌落的区别,是放綫菌具有极小而又柔細的菌絲。

根据某些作者的材料 (Pochon, 1954; Lochhead 和 Burton, 1956)对于土壤微生物的計数最好的培养基是洋菜土壤浸出液,因为在这种培养基上生长的菌落要比在人工蛋白或合成培养基上的多。这是因为土壤浸出液是非常接近自然的基质。在这种培养基上微生物的发育进行很慢,而生长出来的菌落也是很小。这也是它的优点之一,因为如果象其它培养基一样,在其表面都是生长大的菌落,那么不同微生物之間即产生拮抗作用,则其中部分微生物可能完全不发育。

准备土壤浸出液培养基的方法(Pochon, 1954)——是把肥沃的果园土壤按1,000毫升的水与1公斤的土的比例混合,在室溫条件下放置24小时。然后在130°G的消毒鍋中消毒1小时,并在热的情况下过滤。过滤后检驗一下酸碱度,此培养基应該接近中性。假如土壤浸出液是酸性或强碱性的話,則应很仔細地加入苏打或盐酸,使其达到所需的PH。当确定 PH 值时,可以应用普通的指示剂或者最低限度用石蕊紙。在成中性的土壤浸出液中加入洋菜,然后把它放在消毒鍋中进行消毒。

用极限稀釋法确定微生物数量

极限稀释法的实质是在于把被分析的土壤按順次减少的数量播种在任何一种液体培养基内。通常是采用一系列順次稀释的土壤悬浮液来播种。对各次的播种进行观察,以后要注意那些有微生物发育的器皿。播种后仍有微生物生长的最后一次稀释液使我們有可能用来确定該土壤中微生物的数量。例如微生物的最后一次生长是发現在第七次的稀释液內,而在第八次稀释液內就沒有了。这时候,在1克的土壤中所含的菌数約为1×10⁷也就是1,000万个細菌。

极限稀释法只能得出极近似的結果, 因为每一次稀释液內播

种材料的含量比上一次稀释液內所含的量要少9/10。为了获得比較正确的数字,所有的播种建議进行若干个(到5个)重复,在計算最后結果时,可采用馬克·克列吉表(таблицы Мак Креди)。該表是根据变数統計資料而編制的,它在 Д. М. 諾沃格魯德斯基一书中(1956)有着引載,并附有使用方法。

极限稀释法在分析所謂土壤微植物区系类群組成时,被广泛 地采用着,但在确定土壤中微生物的总数时則几乎不用这种方 法。

微植物区系的类群組成分析

对于土壤微植物的鑑別,除了統計微生物的总数之外,分析所 謂微植物区系的类群組成也是非常重要的。

类群組成能够說明土壤中进行不同生物化学过程的微生物的 比例。因而在某种程度上也可以說明这些过程的优势方向。在每 一个生理类群中包括的微生物种类往往在分类系統上是相距很远 的,但它們具有相同的生理作用。

在土壤中,与氮素轉化有关的微生物类群的組成被认为是对土壤肥力最有指示性的。在矿物质貧乏的灰化土內,硝化和好气的固氮过程表現得很弱,或者完全沒有。固氮菌和硝化細菌的大量生长,說明土壤有足够的盐基,說明土壤中物质轉化的一定强度,因而也說明土壤有較高的生物学活性。

当分析土壤微植物区系类群組成时,必須准备各种营养培养基来了解主要的微生物类群。为了統計能分解有机氮而形成氨素的細菌,可应用蛋白陳水溶液。此溶液的配制是将 10 克的蛋白腺溶在1000毫升的自来水中,另加 5 克食盐。将培养基倒进試管內,消毒后,用第3—10次的土壤稀释液播种。播种是用 1 毫升的土壤悬浮液,并做几个重复。播种后經过数天即須注意試管內細菌的生长及氨的形成。关于氨的存在可根据紅色的石蕊紙来判断。把紅色石蕊紙預先用水蘸湿以后,塞到試管口內,若試紙变成蓝色,

則可确定有氨的存在。所获得的材料可按馬克·克列吉表来整理。

在統計硝化細菌的数量时,可应用維諾格拉德斯基的培养基, 其成分如下:

蒸餾水	1 1,+ + 1.81.	*	1000 毫升
(NH ₄) ₂ SO ₄			2克
K ₂ HPO ₄			1克
MgSO ₄			0.5克
NaCl 3. /			2 克
Fe ₂ (SO ₄) ₃			0.4 克

由于磷酸鉄的沉淀,培养基变为渾浊,因此,在将它們倒进小玻璃器皿之前,需要很好地攪动。培养基配制好后,用刀尖挑取一点白堊粉撒在容量为50或100毫升的小烧瓶內,再倒入少量的培养基,使其厚度不超过1厘米。然后放入高压消毒鍋內以0.75大气压力消毒20分钟,并用第1—6次稀释液播种。因为在某些土壤中,硝化細菌的数量可能不是很多,所以最好用大量的材料播种。为此,可用粗天平再秤0.5和1克的土壤播种在若干个烧瓶內。

硝化細菌发育很慢,因此烧瓶須在恒溫箱內放置 2—3 个星期,在某些情况下还需更长些。在播了种的烧瓶內,可以根据亚硝酸和硝酸的出現而判断有无硝化作用的存在。确定这些酸类物质存在的方法如下:在洁净的瓷板上或是在表面皿下垫一张紙,在其上放一点結晶的二苯胺,并滴一点浓硫酸,二苯胺即溶解在浓硫酸內。用白金环取出一点将要試驗的液体,放到所获得的溶液內,这时若出現蓝色即說明至少有一种所寻找的酸类物质,或是二种都存在。为了确定亚硝酸中有无硝酸盐的存在,可加N毫升 10%的 NH4 Gl 溶液到被研究的溶液內,用带有迴轉冷却装置的設备煮半小时,以后用二苯胺按上述方法再进行試驗。在这种情况下,若出現蓝色,則确定仅有硝酸存在。格里斯指示剂是用来指示亚硝酸的。它由两个溶液組成:第一个溶液是以 0.5 克对氨基苯磺酸溶解到 150 毫升的30%的醋酸里;第二个溶液是以 0.1 克 a—萘胺酸在 20 毫升的蒸餾水中煮沸,并加入 150 毫升的30%醋酸。

为了确定亚硝酸的存在,在小平板上把格里斯指示剂的第一和第二种溶液各滴一滴混合起来,再用白金环加入一点試驗液体。 若有亚硝酸存在,則出現玫瑰色。

培养硝化細菌也可以利用固体培养基。由硅酸胶制成的薄膜被认为是最好的固体培养基。此法首先是由 C. H. 維諾格拉德斯基第一个在实践中应用。硅酸胶是用等量容积的水玻璃(比重为1.05—1.08)和盐酸(比重是1.10—1.08)逐漸混合而成。将水玻璃倒进装有盐酸的玻璃器皿中,混合液仔細地加热,在即将煮沸时就倒入培养皿中。过几小时后,在培养皿內即形成胶陳;当它已很結实时,用流动的自来水冲洗2—3 昼夜,以便除去氯盐,然后再用热水冲洗数次。有无氯盐的存在,可用硝酸銀来确定。为此,在少量冲洗的水中加几滴 1 %的AgNO₃溶液。如果出現混浊则表明其中仍有氯离子的存在。

把經过冲洗而制好的胶膜連同培养皿一起用紙包好放在消毒 鍋內用112—115°C溫度(0.5—0.75压力)消毒 15 分钟。消毒了的 薄膜,用选择性培养基(同样須是消过毒的)浸透,这种选择性的培 养基比一般液体培养基应具有較高的浓度。

浸透薄膜时常用磷酸胺鎂盐。此溶液的配制方法如下,把25克氯化銨及20克硫酸鎂溶解到20毫升水中。另外再单独地把10克磷酸鈉溶解到100毫升水中。将上述二种溶液倒在一起,过一会,在此混合溶液內加入10毫升的飽和氯化氨溶液,并滴入2.5%的氨直到出現有NH。的气味为止。此后,再加入少量的氨,过10分钟,即进行过滤。在滤紙上冲洗过滤沉淀物直到氨的气味消失为止。最后在室溫条件下风干,并在高压消毒鍋中消毒。播种时,将0.2克所获得的磷酸銨鎂盐和1毫升所須稀释度的土壤悬浮液在碾缽內碾碎,然后倒进带有胶膜的培养皿內,再用少量的消毒水洗刷碾缽及碾棒,将所洗的水仍倒进上述培养皿內。播种材料应均匀的散布在胶膜的表面。然后把播过种的培养皿放在保湿器內(可以利用加水的干燥器),再置于恒溫箱中。在硝化細菌菌落的四周形成明亮的圈。此現象是由于在形成的亚硝酸和硝酸的影响

下盐分溶解的結果而产生的。假如土壤內的硝化細菌很貧乏时, 用这种方法往往是很难发現它們。在这种情况下,可以应用土粒 播种。借助于用水浸透的和尖端熔化过的玻璃細管或是細镊子取 小块的土粒 (1—2 毫米),并一行一行有規則地放在胶膜的表面。 虽然用这种播种方法时硝化細菌的菌落用肉眼看不見,但是在試 驗开始后若干天,就可以发現有硝酸和亚硝酸的反应。

反硝化細菌可以用吉尔太培养基来发現。当准备这种培养基 时須分別配制两种溶液,然后将此两种溶液混合再 加 水 到 1,000 毫升。

第一种溶液含有:

 水
 250 毫升

 KNO₈
 2克

 天門冬素
 1克

 (有时不加天門冬素)

第二种溶液含有:

水			500毫升
檸檬酸鈉			5克
KH ₂ PO ₄			2克
MgSO ₄			2克
CaCl ₂			0.2克
FeCl ₃			少量
葡萄糖			10支

在試管內倒入很厚一层培养基,并在 112°C(0.5 大气压力)的 高压消毒鍋中消毒。 播种一般都用第 1—6 次稀释液。 然后用二 苯胺試驗,根据气体的出現及硝酸的消失即可判断出反硝化作用 的存在。

統計嫌气性固氮微生物如固氮梭菌 (Clostridium pasteurianum) 的数量时,可用 C. H. 維諾格拉德斯基的液体营养培养基。 其配制如下:

> 蒸餾水 1000毫升 葡萄糖 20克

K ₂ HPO ₄		1克
MgSO ₄		0.5克
NaCl)
FeSO ₄		微量
MnSO ₄)

在試管底部用刀尖撒以少量的白堊粉,再倒入很厚一层培养基。在112°C(0.5大气压)的高压蒸气或是用間歇蒸汽消毒。然后用第1—6次稀释悬浮液进行播种。当有固氮梭菌生长时,經过几天在培养基內即出現气泡,并开始发出丁酸的气味。

为了确信在培养基内的变化是由于固氮梭菌而不是某种其它 微生物的生长所引起,则可用吸管从試管底部吸出一点試料,把它 們滴在載玻片上,再加一点碘化鉀溶液,用盖玻片盖上涂片,并进 行显微鏡检查。固氮梭菌的大細胞是呈紡綞形,內部含有椭圓形 的孢子,染色呈紫蓝色。固氮梭菌是自然界中分布很广的固氮微 生物,几乎在所有的土壤中都可以遇到。

在土壤中好气性的固氮作用,主要是由固氮菌、蓝綠藻以及与不同种高等植物相联系的根瘤菌所引起的。当进行土壤微生物分析时,一般仅只限于观察和統計固氮菌的細胞数量,为此,在大多数情况下,都是采用无氮的(爱施比)培养基,其組成如下:

蒸餾水		1000毫升
甘露醇		20克
K_2HPO_4		0.2克
MgSO ₄		0.2克
NaCl		0.2克
K ₂ SO ₄	* *	0.1克
白堊粉	A Commence of the Commence of	5克
洋菜		20克

用第 2—5 次稀释的土壤悬浮液播种,并統計长出的固氮菌菌落数量。固氮菌菌落很大,不透明,粘液状。某些固氮菌一般都是随着年龄增大而变暗,有时呈暗棕色,如自生固氮菌 (Azotobacter chroococcum)。固氮菌的細胞很大,圆形,具有粘液状的炭膜。在爱施比培养基上,除固氮菌菌落外,还有喜少量氮的細菌生长,但在

絕大多数情况下,它們从菌落的外形及細胞的形态上都可以和固 氮菌区别开。

因为在某些土壤中,固氮菌的数量不是很多,因此,为了发现它們,可采用土粒播种法。将土粒播种在爱施比培养基表面,經过3—5天,在土粒周围即生长出粘液状的固氮菌菌落。

在土壤中,除了参加轉化亚硝酸物质的微生物之外, 紆維分解 細菌对于研究土壤肥力具有很大的生物指示意义。对于培养这种 紆維分解細菌用 O. И. 普什金斯卡婭 (Пушкинская) 所建議的 方法是最方便的。該方法具体如下。用下列成分配制固体培养基:

水		1000毫升
K ₂ HPO ₄		1克
MgSO ₄		0.5克
NaCl		 0.5克
(NH ₄) ₂ SO ₄		0.5克
洋菜		20克

培养基倒入培养皿內,当培养基凝固后,取0.05毫升第2—5次稀释的土壤悬浮液滴到培养基表面上,用玻璃刮鏟使其均匀地分布在培养皿內。然后将消毒的滤紙放在培养基表面上,幷用玻璃刮鏟将滤紙紧貼着培养基。紆維分解細菌生长很慢,因此必須将培养皿放入保湿器中,并在恒溫箱內放置2—3个星期。在好气性的紆維分解細菌的作用下,滤紙上即复盖着各种色泽的斑点,并慢慢开始分解。在接近菌落的地方可观察到纤維的变化及浸渍,所以根据这个特征可以統計其菌落的数量。

除了細菌菌落以外,在培养基上同样有真菌和放綫菌菌落生长,这些菌落須单独計数。

在研究具有明显嫌气性特征的过湿土壤、盐土及某些其他土壤的微生物区系时,了解嫌气性纤維分解細菌、丁酸細菌、硫酸盐还原菌等生理类群有很大意义,在进行一般的微植物区系的类群分析时,往往是不予考虑的或是不經常考虑它們。了解这些微生物的方法在各种微生物技术实习教課书中皆有叙述 (Омелянский, 1940; 等等)。

根际微生物的研究

在进行綜合研究时,研究与高等植物有直接联系的微生物具有特別的意义。它們可分为若干生态类群: (1)附生在植物地面器官上的微植物区系;(2)生活在根的表面和根毛及根皮組織內部的根微植物区系;(3)生活在直接紧連着根部附近土壤上的近根区微植物区系;以及(4)在土壤中离根1厘米远的根际微植物区系。

虽然附生微植物区系的各成分毫无疑問是参与着土壤中凋落物的分解过程,但在研究土壤微生物时,通常对它們都不进行研究。

对于直接与植物地下部分有联系的后三群微生物, 則每群都 单独进行分析。

研究根微植物区系时,首先必須去掉根周围的土壤。将取回实驗室的整段标本放进装有水的盆里。当土壤浸透后(一般浸30—60分钟就够了),仔細地把根上土粒去掉。开始时,先将大块的土壤去掉,然后再小心并仔細地将根上土壤洗去,并多换几次水,再将其它的混杂物拣掉,最后再用消毒水洗净。当所有的水都淋掉之后,用消毒的剪刀(用酒精擦净并火烧)将根剪成3—4厘米长的小段,放进底部盛有消毒滤紙的消毒培养皿內。秤1克重的根在磁碾缽內碾几秒钟,将其移到带有100毫升水的烧瓶內(同样用此100毫升水的一部分冲洗碾缽),振蕩6分钟,然后将沉淀半分钟的液体用一般的方法进行稀释。播种时,如前述方法一样,用不同次稀释液在固体及液体的培养基上进行。

当分析近根微植物区系时,把带有植物的整段标本分成若干段,将根連同近根处的土壤放进带有消毒水的烧瓶內(預先秤好重量),振蕩6分钟,进行稀释。把获得的土壤悬浮液通过已知重量的滤紙过滤,去掉根,烘干土壤后第二次再秤干土和滤紙,即可确定所取用土壤重量。

分析根际微植物区系时, 把植物的根和紧靠着根部的土壤很

小心地从整段标本中除去,把剩下的土壤撒在消毒的培养皿中,取 得平均試样,从中取出一定秤量的土壤进行稀释,然后播种。

对于分析与植物根系有联系的微植物区系,除了上述的培养 基以外,同样也应用专門的,有时其化学組成还是非常复杂的培养 基。

在某些情况下,还应用某些植物不同器官的水浸出液来制备 培养基。

要了解某些专門培养基的配方可参考"土壤微生物研究方法" ("Методики микробиологических исследований почвы", 1953) 一书。

在結束土壤微生物研究方法的簡要概述时,必須指出,本文 决不是微生物学方面詳尽无遺的实习指导书。对于不熟习微生物 技术的人員来說,利用它也并不能完全独立地进行一切他所需要 的土壤微植物区系研究工作。

我們給自己提出的任务比較簡单——只是概括地非常簡要地 对各个土壤微生物研究方法进行比較性的評述;对地植物学家指 出利用某种方法可以得出到什么样的結果;并帮助他們选择比較 适合于他們研究目的的方法。

在这里所叙述的一些方法,只有微生物专家或者在某一个微生物实驗室內經过专門培养的人員才能够在实际中应用。

(郭秀珍譯)

参考文献

- Березова Е. Ф. 1948. Микроорганизмы ризосферы. Доклад на Всесоюзн. совещ. по вопр. почв. микробиол. ВАСХНИЛ, М.
- (Виноградский С. Н.) Winogradsky S. N. 1925. Études sur la microbiologie du sol. 1. Sur la méthode. Ann. Inst. Pasteur, t. 4.
- Виноградский С. Н. 1952. Микробиология почвы. Проблемы и методы. Изд. АН СССР, М.
- Красильников Н. А. 1949. Определитель бактерий и актиномицетов. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Методики микробиологических исследований почвы и корневой системы растений, принятые. на пленуме, 1953. Роль микроорганизмов в питании растений. Сб. тр. расшир. плен. секц. удобр. ВАСХНИЛ.

- Сельхозгиз, М.
- Новогрудский Д. М. 1947. Определение численности грибов и актиномицетов в почве методом непосредственного высева почвенного мелкозема. Микробиология, вып. 6.
- Новогрудский Д. М. 1956. Почвенная микробиология. Изд. АН КазССР, Алма-Ата.
- Омелянский В. Л. 1940. Практическое руководство по микробиологии. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Пушкинская О. И. 1954. К методике количественного учета микроорганизмов, способных разлагать клетчатку в почве. Микробиология, вып. 1.
- Разумовская З. Г., М. С. Лойцянская, Г. Я. Чижик и Н. М. Митюшова. 1955. Руководство к лабораторным занятиям по микробиологии. Изд. Ленингр. гос. унив., Л.
- Рыбалкина А. В. и Е. В. Кононенко. 1953. Непосредственное наблюдение микрофлоры в почве модифицированным методом Холодного. Микробиология, вып. 4.
- Рыбалкина А. В. и Е. В. Кононенко. 1957. Активная микрофлора почв. В сб.: Микрофлора почв Европейской части СССР. Изд. АН СССР, М.
- Селибер Г. Л., Р. С. Кацнельсон, И. С. Скалон и Г. А. Катанская. 1953. Микробиология в опытах. Изд. АН СССР, М.
- Сукачев В. Н. 1947. Основы теории биогеоценологии. Юбил. сб. к 30летию Велик. Окт. соц. рев., ч. 2. Изд. АН СССР, М.—Л.
- (Холодный Н. Г.) Cholodny N. G. 1930. Ueber eine neue Methode zur Untersuchung der Bodenmikroflora. Arch. Mikrobiol., Bd. 1.
- Холодный Н. Г. 1935. Методы непосредственного наблюдения почвенной микрофлоры. Микробиология, вып. 4.
- Lochhead A. G. and M. O. Burton. 1956. Importance of soil extract for the enumeration and study of soil bacteria. Rapp. VI congr. Internat. sci. du sol. Paris.
- Milosevic R. S. 1956. L'effet de la végétation sur microflora des sols sablonneux dans la region des sables de Deliblato. Rapp. VI congr. Internat. sci. du sol. Paris.
- Pochon J. 1954. Manuel technique d'analyse microbiologique du sol. Paris.
- Sappa F. 1956. La mycoflore du sol comme élément structurel des communités végétales. Rapp. VI congr. Internat. sci. du sol. Paris.
- Webley D. M., D. J. Eastwood and C. H. Gimingham. 1952. Development of a soil microflora in relation to plant succession on sanddunes, including the «Rhizosphere» flora associated with colonizing species. Journ. Ecology, vol. 4, № 1.



中科院植物所图书馆

.

58.856

8450 1

野外地植物学第一卷

58.856 327-1 1: (1) 注 意

- 1 借書到期請即送还。
- 2 請勿在書上批改圈点, 折角。
- 8 借去图書如有汚掃遺失 等情形須照价賠偿。

博7-1

-8450

统一书号: 13031·2190 定价: [科六] 3.00 元

本社书号: 3333 · 13-8